

REHABILITACIÓN EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN PALAS DE REI (LUGO)



TRABAJO DE FIN DE GRADO DE LA ESCUELA UNIVERSITARIA
DE ARQUITECTURA TÉCNICA DE A CORUÑA
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

AUTOR: HUGO AMADO SUEIRO
TUTOR: CARLOS LOSADA PÉREZ

PALAS DE REI, JULIO 2016

REHABILITACIÓN EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN PALAS DE REI (LUGO)



I. MEMORIA

AUTOR: HUGO AMADO SUEIRO
TUTOR: CARLOS LOSADA PÉREZ

PALAS DE REI, JULIO 2016

I – MEMORIA

0. Justificación del proyecto

1. Memoria descriptiva

2. Memoria constructiva

3. Cumplimiento del CTE y otras normativas

4. Anejos

4.1 Estudio patológico

4.2 Seguridad Estructural

4.3 Seguridad en caso de incendio

4.4 Seguridad de utilización y accesibilidad

4.5 Salubridad

4.6 Protección frente al ruido

4.7 Ahorro de energía

4.8 Reglamento de Instalaciones Térmicas en el Edificio (RITE)

4.9 Instalación de calefacción

4.10 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)

4.11 Habitabilidad

4.12 Justificación de precios

4.12.1 Precios unitarios

4.12.2 Precios descompuestos

4.13 Gestión de Residuos

4.14 Plan de Control de Calidad

0. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1	Datos identificativos del proyecto	2
1.1	Emplazamiento	2
1.2	Peticionario	2
1.3	Autor del Proyecto	2
2	Justificación del proyecto	3

1 Datos identificativos del proyecto

1.1 Emplazamiento

La presente reforma de un inmueble se llevaría a cabo en el Lugar O Carballal, Parroquia de Ferreira, municipio de Palas de Rei, en la provincia de Lugo.

Coordenadas UTM:

X: 42°56'47,2" N

Y: 7°49'16,1" W

Situado en el noroeste de la provincia de Lugo, el ayuntamiento de Palas de Rei limita en el norte con el municipio de Friol, al sur se sitúa el municipio de Antas de Ulla, en el oeste limita con la provincia de A Coruña y en el este linda con los municipios lucenses de Monterroso y Guntín.

Con una superficie de 199,7 Km², su territorio está dividido en 43 parroquias, contando con 3.824 habitantes, lo que supone una densidad de población de 19,1 hab./km². Emplazada en la comarca de Ulloa, en el centro de Galicia, la localidad de Palas de Rei es atravesada por dos carreteras: la N-547 y LU-231. Esta última facilita las conexiones con los municipios de Friol, Monterroso y Taboada, siendo de más importancia la N-547, que conecta Lugo con Santiago de Compostela.

Por el ayuntamiento de Palas de Rei pasa el Camino de Santiago, en concreto dos de sus variantes: El camino Francés y el camino Primitivo. Este último pasa por el Lugar de O Carballal, en la parroquia de Ferreira. Lugar donde se emplaza la edificación objeto del presente proyecto. Anexa a la parcela del inmueble en cuestión se encuentra un albergue de peregrinos, el albergue Ponte Ferreira, ambos situados a pie del camino.

1.2 Petionario

El presente Proyecto se redacta para la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidade da Coruña con objeto de que sirva como Trabajo de Fin de Grado.

1.3 Autor del Proyecto

El autor del Proyecto es HUGO AMADO SUEIRO, alumno de la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidade da Coruña en la titulación Grado en Arquitectura Técnica.

2 Justificación del proyecto

El objeto del presente Proyecto es la "Rehabilitación de una vivienda unifamiliar en Palas de Rei (Lugo)", consiste en la sustitución y/o reparación de todos aquellos elementos constructivos que se encuentran deteriorados para dotarla de unas buenas condiciones de seguridad (en caso de incendio, estructural y de uso), habitabilidad (salubridad y protección frente al ruido) y conservación del inmueble respetando, en todo lo que se pueda, sus características de vivienda tradicional, mediante el empleo de materiales y técnicas constructivas acordes a este tipo de edificación. Todo ello enmarcado en la vigente normativa de obligado cumplimiento.

También se deberá de tener en cuenta durante el desarrollo del presente proyecto que el inmueble se encuentra a menos de 100m del Camino de Santiago. Este camino está protegido por la Ley 3/1996, de 10 de mayo, de Protección de los tramos del Camino de Santiago de la Comunidad Autónoma de Galicia, por lo que la edificación, dotándola de las condiciones antes establecidas respetará al máximo, remitiendo dicho proyecto a Patrimonio de la Xunta de Galicia para que procedan a su aprobación.

Palas de Rei, julio 2016

El autor del Proyecto

Hugo Amado Sueiro

Alumno de Arquitectura Técnica

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.	Introducción	3
2.	Memoria del estado actual	4
2.1.	Datos del emplazamiento.....	4
2.2.	Antecedentes y condicionantes de partida	5
2.3.	Normativa urbanística.....	6
2.4.	Planeamiento urbanístico de aplicación	6
2.5.	Descripción de la edificación objeto de rehabilitación	6
2.6.	Estudio patológico.....	12
3.	Descripción del proyecto: Estado Reformado	14
3.1.	Antecedentes y condicionantes de partida	14
3.2.	Normativa aplicable	14
3.3.	Descripción del proyecto	15
4.	Prestaciones del edificio	18
4.1.	Requisitos básicos en relación con las exigencias del CTE	18
4.2.	Limitaciones del uso del edificio	19
5.	Plazo y presupuesto de ejecución	20
5.1.	Plazo de ejecución	20
5.2.	Presupuesto de ejecución	20
6.	Estudio Básico de Seguridad y Salud.....	20

ESTADO ACTUAL

1. Introducción

La vivienda sobre la que se realiza el proyecto se encuentra situada en Lugar O Carballal, en el término municipal de Palas de Rei en la provincia de Lugo (Galicia).

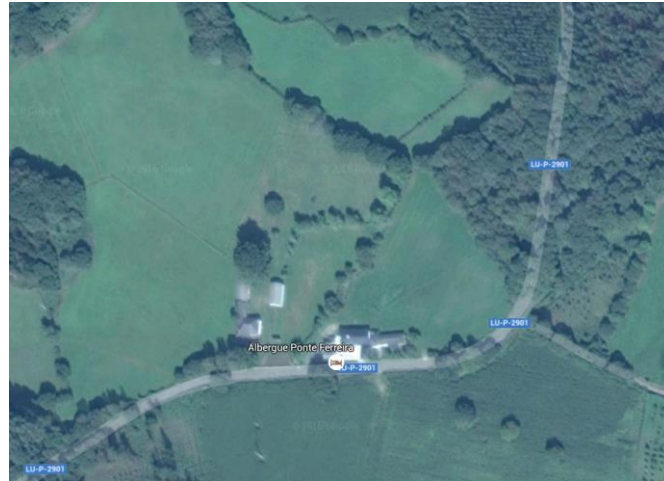


Imagen 1. Entorno de la parcela

La edificación sobre la que se llevará a cabo la rehabilitación es una propiedad particular que lleva 10 años deshabitada.

Se trata de una casa tradicional datada en el año 1950 aproximadamente, que ha sufrido diversas modificaciones a lo largo del tiempo. Es la herencia de varias generaciones de una familia de labradores que construyeron su vivienda y los anejos de la misma con los materiales de la zona.

Sobre el año 1990 se deciden hacer dos alpendres más destinados al almacenamiento de materiales y herramientas para la labranza. Se construyeron de materiales no tradicionales, como ladrillo hueco doble y bloque de hormigón. Estos dos alpendres quedaron sin revestir y debido a que desentonan totalmente con el aspecto tradicional que se quiere conservar con esta rehabilitación, se demolerán, sin hacer más hincapié en ellos.

La vivienda está aislada, y sólo tiene una edificación cercana que se trata del albergue de peregrinos Ponte Ferreira.

Debido al éxodo rural que se produjo a lo largo de la segunda mitad del siglo XX y que las nuevas generaciones prefirieron vivir en la ciudad que en el rural, se abandonó la vivienda con lo cual el mantenimiento del que ésta se debería haber beneficiado no se produjo.

Esta situación es muy común en todas las aldeas de la zona, siendo frecuente el deterioro de estas muestras de arquitectura popular.

La vivienda está situada en pleno Camino de Santiago con lo que se considera una buena opción rehabilitarla tanto para reducir el impacto visual de encontrarse una edificación en ese estado, como para aprovechamiento de los hijos y nietos de los primeros dueños.

La finalidad de la rehabilitación es mejorar la vivienda así como adaptarla a la normativa vigente, con una nueva distribución interior y poder darle más usos a las demás edificaciones que hoy están en desuso al no haber actividad en la vivienda ni en la finca.

2. Memoria del estado actual

2.1. Datos del emplazamiento

La vivienda está situada en el Lugar O Carballal de la Parroquia de Ferreira, perteneciente al Municipio de Palas de Rei, provincia de Lugo. Su referencia catastral es 2704010200098 y sus coordenadas son 596,215; 4,755,612, en el sistema de referencia geográfico ERTS89 con proyección UTM en el huso 29.



Imagen 2. Edificación a rehabilitar

Se localiza en el interior de una parcela de 12.734 m² y está formada por cuatro edificaciones. Uno dedicado a vivienda, otro es un horno, otros dos a alpendres y un gallinero.

Al Sur de la parcela está situada la carretera por la que discurre el Camino de Santiago, LU-P-2901, el Camino Primitivo. Al Norte y Oeste linda con fincas vecinales destinadas para el cultivo y al Este está la parcela que corresponde al albergue de peregrinos Ponte Ferreira.

La parcela cuenta con conexión a la acometida de abastecimiento de agua, red eléctrica de baja tensión, así como a la red general de saneamiento. Sin embargo carece de acceso rodado, ni conexión telefónica. Si bien es cierto que hay una especie de camino con hierba por el que se puede acceder con vehículos debido a lo llano y al poco desnivel que presenta la parcela, pero no está preparado para ello.

El terreno presenta una forma irregular, sin inclinación de importancia. Actualmente se encuentra con hierba y maleza.

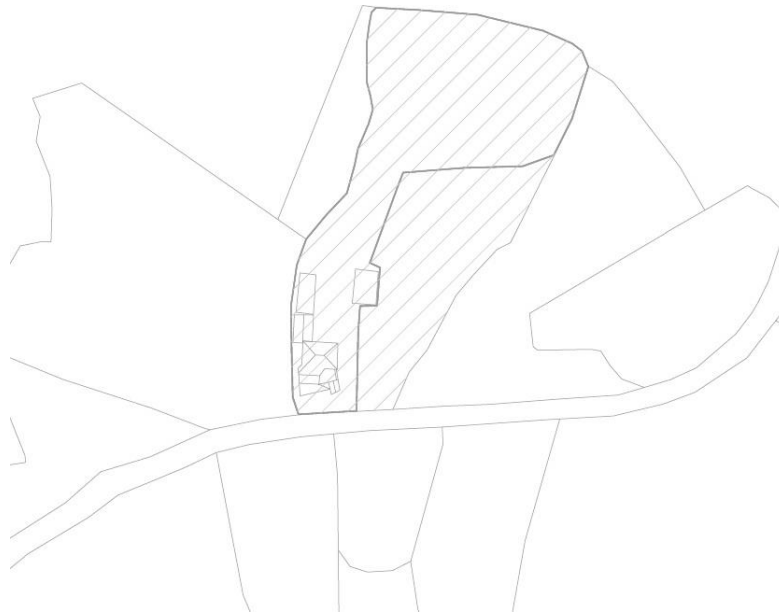


Imagen 3. Plano de la parcela

La parcela tiene un muro perimetral de mampostería realizado hace dos años, por lo que su conservación es muy buena. Tiene 25 cm de ancho y 160 cm de altura.

La parcela sólo se puede destinar a uso agrario tal y como está contemplado en las Normas Subsidiarias y Complementarias del Planeamiento del Ayuntamiento de Palas de Rei.

2.2. Antecedentes y condicionantes de partida

Los principales condicionantes serán:

Por un lado mantener los elementos tradicionales y característicos de las edificaciones, como son los muros de carga de mampostería y la cubrición de la cubierta: pizarra. También se deberá mantener la apariencia y estética de las fachadas, cumpliendo lo establecido en las Normas Subsidiarias y Complementarias del Ayuntamiento de Palas de Rei, que pasa por recuperar el enfoscado de mortero de cemento pintado en color blanco.

Otro condicionante muy importante a tener en cuenta es que la vivienda está situada a menos de 100 m del Camino de Santiago. Cabe destacar que aunque la vivienda no está protegida ni incluida en ningún tipo de catálogo del ayuntamiento, el propio Camino de Santiago sí lo está, por lo que antes de ser ejecutada cualquier acción destinada a la rehabilitación de la edificación, se deberá comunicar a la oficina de Protección do Camiño de Santiago de la Xunta de Galicia, esperando en todo momento a que ésta emita un informe favorable aceptando el presente proyecto.

2.3. Normativa urbanística

Ley 8/2007, de 28 de mayo, de suelo.

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

Ley 10/1995, de 23 de noviembre, de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Galicia.

Ley 9/2002, de 30 de diciembre, de Ordenación Urbanística y Protección del Medio Rural de Galicia.

Decreto 28/1999, de 21 de enero, Reglamento de Disciplina Urbanística para el Desarrollo y aplicación de la Ley del Suelo de Galicia.

Ley 3/1996, de 10 de mayo, de protección de los Caminos de Santiago.

Decreto 29/2010, del 4 de marzo, normas de habitabilidad de Galicia.

Normas Subsidiarias de Planeamiento del Término municipal de Palas de Rei, de 24 de enero de 1995.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, Código Técnico de la Edificación.

2.4. Planeamiento urbanístico de aplicación

La normativa urbanística vigente en el municipio y de aplicación en el presente proyecto son las Normas Subsidiarias de Planeamiento del Término municipal de Palas de Rei. En concreto se tendrán muy presentes los siguientes capítulos:

Capítulo II: Clasificación del suelo y régimen urbanístico.

Capítulo VII: Normas generales de las obras.

Capítulo IX: Normas generales de edificación.

2.5. Descripción de la edificación objeto de rehabilitación

- **VIVIENDA**

Se trata de una construcción típica del rural gallego, valiéndose de las propias materias primas del lugar. Consta de planta baja y planta alta. Su estructura consta de muros de carga de piedra granítica con recercado de huecos y esquinas también de granito cuyo espesor ronda los 60 cm. Los muros de carga son 6, 4 correspondiente a cada fachada de la vivienda y dos en cruz que dividen su planta de un lado a otro de las fachadas. Los forjados entre pisos son de madera de pino, formado por un sistema de vigas, viguetas y entablado. La cubierta a cuatro aguas, con estructura de madera de pino sobre la que descansa el cubrimiento de piezas de pizarra de tamaño y formas irregulares.



Imagen 4. Alzado Este

- Fachadas

Todas las fachadas quedan constituidas por los propios muros de mampostería que sustentan la edificación. Arrancan en la profundidad del suelo constituyendo la cimentación y se erigen hasta los aleros.

Los muros de las fachadas están formados por mampuestos de diversos tamaños, aunque en general tienen un tamaño alargado. En recercado de esquinas y de huecos se encuentran las piedras de mayor tamaño.

Como ya se ha comentado anteriormente, el espesor de los muros es de 60 cm, aproximadamente. Las fachadas se encuentran en buen estado estructural, pese al envejecimiento propio de la piedra causado por el paso de los años.

Las fachadas Norte y Oeste están revestidas por enfoscado de cemento y pintadas de blanco, aunque actualmente parte de ese enfoscado se encuentra desprendido y desconchado debido al paso del tiempo y a su exposición a agentes meteorológicos. La fachada Sur se encuentra parcialmente enfoscada pero sin pintura blanca, aunque sufre desconchados y desprendimientos del revestimiento. Sin embargo la fachada Este se encuentra sin revestir, quedando la piedra granítica vista.

La alineación de los huecos mantiene una cierta continuidad e intención de ser simétrica, sin lograrlo debido a que los huecos de la planta baja no son de las mismas dimensiones que los de la planta alta. Además en las fachadas Oeste y Sur en la planta baja sólo hay huecos de ventilación pequeños para la cuadra situada en el interior de la vivienda.

- Distribución interior

La casa está totalmente deshabitada, por lo que carece de alguna estancia que hoy en día se considera básica, como un cuarto de baño.

PLANTA BAJA

Tiene tres accesos: dos situados en la fachada Norte y otro en la Sur. En las entradas principales se accede a un pasillo que divide la planta baja en dos partes.

En la parte Este está una cuadra que cuenta con un acceso desde la fachada Norte, separado por el muro de mampostería está la lareira. En la parte Oeste hay otra cuadra, la cocina y están las escaleras que comunican la planta baja con la planta alta. En esta última cuadra, en el propio muro de carga, se puede encontrar un elemento tradicional artesanal que son las comederas de piedra de los animales. Estos elementos se pretenden conservar por su carácter tradicional y distinto.

Al lado de la lareira se encuentra un horno típico de la zona el cual será conservado respetando lo máximo posible los elementos tradicionales.



Imagen 5. Horno y Alpendre 2

PLANTA ALTA

Esta planta está dividida en 4 estancias. Al subir las escaleras, se desembarca en una habitación que da acceso a otras dos, una a lo largo de la fachada Norte y la otra que comunica con la fachada Sur. Finalmente en la parte de la fachada Sur que linda con el horno, hay un desván que está totalmente abierto hasta la cubierta.

Las divisiones interiores son de madera que debido a las humedades, al tiempo de abandono y a la falta de ventilación de las estancias se encuentran en estado de putrefacción en ciertos puntos de las mismas.

Los techos son la propia estructura, ya que no están revestidos por ningún tipo de material.

Los muros de todas las estancias están enfoscados con mortero de cemento.

- Carpintería

La carpintería de puertas exteriores es de madera, con un estado de mala conservación debido al paso del tiempo y a las inclemencias climatológicas. Hay dos puertas en la fachada Norte, una da acceso directo a una de las cuadras para animales y la otra, da acceso al pasillo de la vivienda. Esta última está revestida en su parte baja por aluminio.

Las puertas interiores son de madera también deterioradas con el paso del tiempo y la falta de ventilación de las distintas estancias.

En cuanto a las ventanas, las de la planta alta son todas oscilobatientes de aluminio pintado de color blanco. Por otra parte, la única ventana que hay, situada en la fachada Norte, es de apertura corredera de aluminio color natural.

- Pavimentos

En la planta baja, exceptuando en las dos cuadras que existen que no tiene pavimento, quedando la tierra vista, el pavimento existente son losas de piedra granítica.

En la planta alta el pavimento es el propio entablado de madera que forma parte del forjado.

- **CUADRO DE SUPERFICIES:**

PLANTA	ESTANCIA	SUPERFICIE ÚTIL (m ²)	SUPERFICIE CONSTRUIDA (m ²)
PLANTA BAJA	Horno	11,80	
	Lareira	20,10	
	Pasillo	9,40	
	Cuadra	18,45	
	Cocina	13,80	
	Pasillo	6,20	
	Cuadra	24,50	
	Subtotal:	104,25	153,00
PLANTA ALTA	Cuarto 1	13,00	
	Cuarto 2	17,80	
	Cuarto 3	13,85	
	Cuarto 4	17,00	
	Desván	30,80	
	Subtotal:	92,45	129,20
TOTAL:		196,70	282,20

- EDIFICIOS ANEJOS

- Alpendre 1

Alpendre adosado a la vivienda en su fachada norte. También sigue la línea constructiva y arquitectónica de la vivienda en cuanto a métodos tradicionales y materiales de la zona. Está formado por muros de carga de mampostería de granito de 60 cm de espesor con recercado de esquinas y huecos.

La cubierta está formada por una estructura de madera a dos aguas de par, hilera y tirante, sobre la que descansa un entablado de madera de pino para servir como soporte a la cobertura de pizarra de piezas de tamaño y formas irregulares. La cubrera está cubierta por teja cerámica curva.

Esta construcción, de 60 m² de superficie útil, se utilizaba para almacenar herramienta y maquinaria agraria, de ahí que cuente con un portal de acceso de aluminio de dimensiones considerables (2,52x4,26 m). Además cuenta en su fachada con dos huecos abiertos en los que hay dispuestos barrotes de madera para impedir la entrada a personas ajenas a la edificación.



Imagen 6. Alpendre 1

- Alpendre 2

Situado anexo al horno, el sistema constructivo es igual al que ya se viene comentando durante todo el proyecto: sistema constructivo y arquitectónico tradicional, con muros de carga de mampostería de granito de espesor 60 cm y cubierta de madera a dos aguas de par, hilera y tirantes sobre la que se coloca el entablado de madera de pino para que descansen la cobertura de pizarra encima de él.

Este alpendre comparte un muro de carga con el horno.

Tiene una superficie útil de 43,60 m² que eran destinados para el almacenamiento de materiales agrícolas y para el alimento para la ganadería.



Imagen 7. Alpendre 2

- Gallinero

Sistema constructivo igual al de los anteriores anejos, con el mismo tipo de cubierta, pero en su cumbrera a un lado de la misma hay una pieza ornamental de granito. En realidad había dos, una a cada lado, pero con el paso del tiempo y debido a inclemencias meteorológicas, terminó cayendo y rompiendo.

7,00 m² de superficie útil destinado para mantener a resguardo las gallinas que criaban los dueños.



Imagen 8. Gallinero y portal de acceso en alpendre 2

2.6. Estudio patológico

Antecedentes

Se realiza una inspección visual del inmueble con el objetivo de cuantificar los daños existentes, determinar el origen y causas de los mismos, así como evaluar la trascendencia estructural que tales daños pudieran ocasionar a la estabilidad de la construcción.

Dicha inspección visual permitió extraer una serie de conclusiones que orientaron en la manera de tratar, ordenar y componer el presente estudio patológico.

Resumen de lesiones

El conjunto del inmueble presenta una serie de patologías, las cuales pueden ser debidas tanto a su antigüedad, al abandono en el que se encuentra el inmueble, como a una mala ejecución de las soluciones constructivas, entre otras cosas. Dichas patologías son más pronunciadas por falta de mantenimiento o mal uso.

Además, los mayores problemas vienen causados por la humedad que favorece a la aparición de los numerosos organismos en la piedra y enfoscados en los muros, como pueden ser los musgos, los líquenes, etc. Esta humedad favorece a la proliferación de hongos que atacan la madera hasta pudrirla, que es lo que ocurre en este caso, donde el estado de la estructura de madera de la vivienda tiene que ser totalmente sustituida debido al mal estado en que se encuentra.

Con todo esto, en el anejo 1.4.1 del presente tomo correspondiente a la memoria del proyecto de rehabilitación de la edificación, se hará un estudio más pormenorizado de cada lesión, asumiendo los orígenes que las causan así como las soluciones más adecuadas para cada caso. Además se hará un estudio patológico sobre las lesiones y enfermedades posibles de los materiales utilizados en esta edificación.

ESTADO REFORMADO

3. Descripción del proyecto: Estado Reformado

3.1. Antecedentes y condicionantes de partida

Se plantea la rehabilitación de la citada vivienda siguiendo las indicaciones de la propiedad de conservar íntegramente su forma, composición y aspecto exterior, para adaptarla a la normativa actual, incrementando su confort y su habitabilidad interior.

Se demolerán todos aquellos elementos que puedan desentonar con su carácter tradicional del conjunto arquitectónico y se le dará una nueva estructura y acabado, manteniendo las áreas, para que se adapten a la tipología existente. Se demolerán los alpendres contruidos de forma posterior a la construcción original debido a que desentonan con el carácter tradicional de la edificación. El resto de edificaciones: vivienda, dos alpendres y gallinero se reformarán y rehabilitarán según la normativa aplicable.

Se conservarán todos aquellos elementos que se consideren de importancia constructiva o cultural, rehabilitándolos en caso de que fuera necesario e integrándolos a la nueva funcionalidad de la vivienda.

El espacio interior se organiza para conseguir un mayor aprovechamiento así como una mejor distribución teniendo en cuenta el fin al que se va a destinar. El aspecto exterior se modifica sensiblemente a tenor de la apertura de huecos (puertas y ventanas), bien aumentando los ya existentes o bien abriendo nuevos para cumplir las condiciones de ventilación, iluminación y accesibilidad de la vivienda.

El principal condicionante será mantener intactos los muros de piedra existentes, limpiándolos y eliminando toda patología que puedan tener (hongos, vegetación, suciedad, etc.). Se respetará el entorno utilizando técnicas y materiales que se consideren de importancia constructiva y/o cultural. Se reorganizará el espacio interior de la vivienda, sin alterar su volumen ni aspecto exterior original.

Otro condicionante a tener muy en cuenta es la situación de protección en la que se encuentra el Camino de Santiago que pasa al lado de la finca objeto de rehabilitación. Esto hace que el presente proyecto deba ser remitido a la dirección de Patrimonio de la Xunta de Galicia, así como al propio ayuntamiento de Palas de Rei para su aprobación. Cabe destacar que las edificaciones no tienen ningún tipo de protección pero, en este caso, lo que está protegido es el propio Camino de Santiago y todas las obras que se puedan realizar dentro de los 100 m próximos a él.

Se incorporarán todas aquellas instalaciones necesarias para satisfacer las necesidades de confort y comodidad de acuerdo con la normativa actual.

3.2. Normativa aplicable

Ley 8/2007, de 28 de mayo, de suelo.

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

Ley 10/1995, de 23 de noviembre, de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Galicia.

Ley 9/2002, de 30 de diciembre, de Ordenación Urbanística y Protección del Medio Rural de Galicia.

Decreto 28/1999, de 21 de enero, Reglamento de Disciplina Urbanística para el Desarrollo y aplicación de la Ley del Suelo de Galicia.

Ley 3/1996, de 10 de mayo, de protección de los Caminos de Santiago.

Decreto 29/2010, del 4 de marzo, normas de habitabilidad de Galicia.

Normas Subsidiarias de Planeamiento del Término municipal de Palas de Rei, de 24 de enero de 1995.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, Código Técnico de la Edificación.

3.3. Descripción del proyecto

El proyecto realizado se caracteriza por la conservación de los elementos tradicionales, tales como muros de mampostería, las comederas de los animales, elementos tradicionales que forman parte de uno de los muros de carga interiores y el horno anexo a la vivienda en la fachada Sur que se quedará prácticamente igual al original. Únicamente se conservarán esos dos elementos y esa estancia en concreto.

Se vacía el interior de la vivienda de estructura de hormigón armado y tabiquería interior. Se eliminan mediante picado todos los revestimientos de muros y se levanta con cuidado las losas de granito de la planta baja para su reutilización.

Los muros de piedra existentes se refuerzan, se consolidan y se atan con un zuncho perimetral de hormigón armado. Tal y como se reflejan en las Normas Subsidiarias de Planeamiento del Término municipal de Palas de Rei, de 24 de enero de 1995 en su Capítulo VII, Artículo 118: *"...Los propietarios se verán obligados a proceder a un revoco, pintura o blanqueo en las fachadas de las viviendas..."*, se picará todo el enfoscado que haya en las fachadas, se limpiará la piedra para después proceder a un nuevo enfoscado y posterior pintura blanca dejando únicamente la piedra a la vista de recercados de esquinas y huecos.

Se dispone un forjado sanitario en planta baja mediante el uso de bovedilla de polipropileno tipo "caviti" para mejorar el aislamiento de la casa con respecto al terreno. Debido a la necesidad de abrir un hueco en el muro de carga en la planta baja para comunicar el comedor con el salón, el forjado sanitario se ve interrumpido cuando llegue a ese punto para disponer un zuncho de hormigón armado para evitar que el muro de carga pierda estabilidad y el suelo se hunda. Por otra parte, el dintel de ese hueco será una viga de hormigón armado que resistirá todo el peso del muro de carga.

La estructura de la planta alta se resuelve con escuadrías de madera de roble laminada. La cubierta realizada con las mismas piezas de pizarra, dentro de lo

posible, que las que hay actualmente colocadas para mantener su carácter tradicional al ser piezas irregulares, descansan sobre una estructura de madera de roble a cuatro aguas con cumbrera, limatones y pares. A ambos lados de la cumbrera, hay dos elementos ornamentales de granito que también se conservarán, así como la chimenea de mampostería, aunque su función pasará a ser meramente estética. Cabe destacar que ninguna de las plantas del estado reformado mantiene la cota del estado actual por motivos de aprovechamiento del espacio y de estética.

Se dispone trasdosado auto portante en los muros de cerramiento así como en la tabiquería interior. El falso techo, colocado en locales húmedos y en el dormitorio de la planta baja para cubrir las bajantes de los baños de la planta alta.

La carpintería exterior se sustituirá y se colocará una de aluminio imitación madera adaptándose a los nuevos huecos que se tendrán que abrir para cumplir la vigente normativa en cuanto a habitabilidad. Además, hay que tener en cuenta que las ventanas de la planta alta tienen poca altura debido a que hay que respetar el zuncho que corona los muros de carga de las fachadas, por lo que pasarán a ser ventanas balconeras de apertura oscilo batiente de 1,70 m de altura.

En el exterior se demolerán todos los edificios anejos que no sigan con la línea constructiva y arquitectónica tradicional dejando ese espacio para una mejor distribución en la urbanización de la parcela.

A continuación se describirá la distribución de la vivienda de forma detallada:

En la planta baja con la disposición del forjado sanitario se nivelará todo el suelo para que tenga la misma cota. Entrando por la puerta principal de la fachada Norte se entra a un pasillo en el de frente hay una puerta colocada en el muro de carga interior. A la izquierda, aprovechando la división que hace de la vivienda el otro muro de carga, se proyectarán el comedor y el salón comunicados por una apertura de paso en el muro de carga transversal. A la derecha se encuentra un baño y la cocina. Cruzando la puerta en el muro de carga que estaba al entrar por la puerta principal, se encuentra otro pasillo que da a la otra puerta de acceso de la fachada Sur. Este pasillo estará totalmente abierto hasta la cubierta, dando la sensación de amplitud al espacio. A la izquierda, se aprovecharán las comederas de los animales para poder hacer armarios con estanterías. A la derecha en cambio se encuentran las escaleras que comunican la planta baja con la planta alta. Al lado de las escaleras hay un dormitorio doble. El horno se mantendrá tal cual está, pero en los muros se limpiarán las piedras y se dispondrá un solado encima del forjado tipo "caviti".

En la planta alta, subiendo por las escaleras, en el desembargo y por seguridad de los habitantes de la vivienda, se dispondrá de una barandilla de vidrio para evitar posibles caídas a través del hueco de la escalera. Una vez se desembarca en la planta alta, a mano izquierda se encuentran los dos baños que hay en la planta. Cabe destacar que se ha elegido ese sitio para los baños, porque ese muro comunica con el horno y por lo tanto en él no se pueden abrir huecos que proporcionen ventilación e iluminación natural, por lo que para ventilación de los espacios se tendrá que recurrir a ventilación forzada. En frente de las escaleras se

encuentra un salón abierto, con una estantería que separa la estancia del pasillo. A la izquierda del salón está el dormitorio principal con baño incorporado. Al fondo del pasillo se encuentran dos dormitorios individuales. Toda la planta está abierta hasta la cubierta, no habiendo más plantas en la vivienda.

La apertura de huecos se ha visto condicionada por la distribución interior de la vivienda. Se ha intentado respetar los huecos ya existentes pero ha sido imposible debido a que eran muy pequeños en todos los casos debido a la normativa de obligado cumplimiento de superficies de iluminación y ventilación por estancia. En el caso de la planta baja, sólo había una ventana, el resto eran aperturas de ventilación para las cuadras, por lo que de no poder abrir nuevos huecos, la habitabilidad en esa planta sería imposible. Como se han tenido que agrandar los ya existentes y/o poner nuevos, se ha intentado respetar en todo momento la simetría de las fachadas y seguir una línea arquitectónica que cuadre con la vivienda original. Se utilizarán ventanas oscilo-paralelas con rotura de puente térmico de aluminio pero con acabo imitación madera para conservar el carácter tradicional de la vivienda original.

Debida a la situación de protección en la que se encuentra el Camino de Santiago, todas estas modificaciones tendrán que ser aprobadas por la oficina de Patrimonio de la Xunta de Galicia. Aunque dadas las circunstancias de que si no se pueden abrir huecos y tras las conversaciones mantenidas con el Arquitecto a cargo de esta oficina, no debería de haber problema para poder llevarlo a cabo.

Se conservarán todos los accesos a la vivienda originales, sustituyéndolos en el caso de los accesos de la vivienda en fachada Norte y Sur por puertas de aluminio lacadas imitación madera. En cuanto a la puerta que daba acceso a la antigua cuadra, ahora cocina, será de madera con vidrio para que entre luz.

Todos los huecos de ventana y la puerta acristalada llevarán instaladas unas contras para que impidan el paso de la luz en vez de persianas.

En la cubierta, encima de las escaleras se instalará una ventana tipo Velux para proporcionar luz natural a esta estancia.

Cuadro de superficies de la vivienda:

PLANTA	ESTANCIA	SUPERFICIE ÚTIL (m ²)	SUPERFICIE CONSTRUIDA (m ²)
PLANTA BAJA	Cocina	18,50	
	Dormitorio 1	12,00	
	Escalera	5,10	
	Vestíbulo	11,00	
	Salón	13,70	
	Comedor	14,70	
	Vestíbulo	8,00	
	Baño	3,50	
	Horno	11,80	
	Subtotal:	98,30	153,00
PLANTA ALTA	Dormitorio 2	11,40	
	Baño 2	6,30	

	Baño 3	6,15	
	Escalera	5,10	
	Dormitorio 3	11,10	
	Dormitorio 4	11,40	
	Salón	12,50	
	Pasillo	7,95	
	Subtotal:	71,90	129,20
	TOTAL:	170,20	282,20

- Alpendres

Para maximizar el espacio vividero de la casa, en el alpendre anexo a la fachada Norte se habilitará un cuarto técnico o cuarto de instalaciones, donde además se alojará la lavadora y secadora y un pilón para facilitar las tareas relacionadas con la lavandería. El resto del alpendre se destinará a garaje y se sustituirá el portal por otro de apertura oscilante motorizada para mayor comodidad de los usuarios.

En cuanto al alpendre anexo al horno, se pavimentará y se dejará abierto para que los dueños de la casa lo puedan usar como un cobertizo para poder comer y reunirse con amigos y familiares.

- Gallinero

El gallinero se destinará a lugar de almacenamiento a modo trastero.

- Urbanización de la parcela

La parcela se divide en dos partes: la primera corresponde a la parte de la finca que se destina a zona de paseo y de entrada, con aceras, césped y merendero con barbacoa. Y la segunda es tierra de cultivo.

La finca se delimita por un muro de mampostería de reciente reforma (hace dos años) que se encuentra en perfecto estado. Se dotará al muro de un acceso para tráfico rodado el cual estará regulado por un portal de apertura corredera motorizado y al lado estará un acceso peatonal.

4. Prestaciones del edificio

4.1. Requisitos básicos en relación con las exigencias del CTE

Según CTE	En proyecto	Prestaciones según el CTE en proyecto
SEGURIDAD		
DB-SE Seguridad estructural	DB-SE	De tal forma que no se produzcan en el edificio, o partes del mismo, daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.

DB-SI Seguridad en caso de incendio	DB-SI	De tal forma que los ocupantes puedan desalojar el edificio en condiciones seguras, se pueda limitar la extensión del incendio dentro del propio edificio y de los colindantes y se permita la actuación de los equipos de extinción y rescate.
DB-SU Seguridad de utilización	DB-SU	De tal forma que el uso normal del edificio no suponga riesgo de accidente para las personas.
HABITABILIDAD		
DB-HS Salubridad	DB-HS	Higiene, salud y protección del medioambiente, de tal forma que se alcancen condiciones aceptables de salubridad y estanqueidad en el ambiente interior del edificio y que éste no deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una adecuada gestión de toda clase de residuos.
DB-HR Protección frente al ruido	DB-HR	De tal forma que el ruido percibido no ponga en peligro la salud de las personas y les permita realizar satisfactoriamente sus actividades.
DB-HE Ahorro de energía y aislamiento térmico	DB-HE	De tal forma que se consiga un uso racional de la energía necesaria para la adecuada utilización del edificio.
FUNCIONALIDAD		
Utilización		De tal forma que la disposición y las dimensiones de los espacios y la dotación de las instalaciones faciliten la adecuada realización de las funciones previstas en el edificio.
Accesibilidad		De tal forma que se permita a las personas con movilidad y comunicación reducidas el acceso y la circulación por el edificio en los términos previstos en su normativa específica.
Acceso a los servicios		De telecomunicación audiovisuales y de información de acuerdo con lo establecido en su normativa específica.

4.2. Limitaciones del uso del edificio

Aquellas que incumplan las precauciones, prescripciones y prohibiciones de uso de sus instalaciones, contenidas en el Manual de Mantenimiento del edificio.

5. Plazo y presupuesto de ejecución

5.1. Plazo de ejecución

El plazo de ejecución de la obra se prevé para 10 meses.

La obra está planteada para una empresa de 4 trabajadores, no permaneciendo en la misma más de 9 trabajadores a la vez si entran en ella subcontratas o autónomos para la realización de determinados tajos de la construcción.

5.2. Presupuesto de ejecución

El presupuesto de ejecución material asciende a 267.266,12 € (DOSCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS con DOCE CÉNTIMOS).

El presupuesto en base de licitación asciende a 349.851,36 € (TRESCIENTOS CUARENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS).

6. Estudio Básico de Seguridad y Salud

Según lo establecido en el Real Decreto 1627/1997 de Seguridad y Salud en las obras de construcción establece la necesidad de elaborar un Estudio de Seguridad y Salud si la obra en cuestión está dentro de uno de los siguientes casos:

1. Supuesto 1º: Presupuesto de ejecución por contrata igual o superior a 450.759,07 €.
2. Supuesto 2º: Duración estimada superior a 30 días laborables, con empleo simultáneo de 20 ó más trabajadores.
3. Supuesto 3º: Volumen de mano de obra estimada superior a 500 días de trabajo.
4. Supuesto 4º: Obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

El presente proyecto no se encuadra en ninguno de los casos por lo que se debe elaborar un estudio Básico de Seguridad y Salud. Aún así, este documento no es objeto del presente trabajo académico, por lo que no se incluirá.

Palas de Rei, julio 2016

El autor del Proyecto

Hugo Amado Sueiro

Alumno de Arquitectura Técnica

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

2. Memoria constructiva	2
2.1 Sustentación del edificio	2
2.2 Sistema estructural	2
2.3 Sistema envolvente	3
2.4 Sistema de compartimentación.....	4
2.5 Sistemas de acabados.....	5
2.6 Sistemas de acondicionamiento e instalación	8
2.7 Urbanización.....	13

2. Memoria constructiva

2.1 Sustentación del edificio

En lo que se refiere a la edificación primitiva, se mantienen la cimentación y los muros de carga descritos en la memoria del estado actual, considerando el firme suficientemente resistente para recibir las cargas.

Se realiza una inspección in situ del terreno. Se trata de suelo de arcilla semidura.

El nivel freático se encuentra por debajo de la cota del plano de cimentación. Por la parte exterior de la cimentación se dispondrá de un tubo de drenaje separado con un geo textil de un estrato de grava que lo rodea.

2.2 Sistema estructural

Introducción

La estructura del edificio estará compuesta por muros de mampostería de granito con recercado de esquinas y huecos.

Los muros son los elementos de sustentación principales del inmueble. Son muros de 60 cm de grosor, en buen estado de conservación y resistentes para soportar las cargas de peso propio y sobrecargas a las que van a estar sometidos ya que sobre ellos apoyan los forjados y la cubierta.

Los nuevos forjados son de madera de roble para, dentro de lo posible, respetar la estética tradicional. Se llevan a cabo las comprobaciones de cálculos estructural exigidas por el CTE en cuanto a resistencia a las solicitaciones y deformaciones.

En los planos adjuntos a esta memoria figura las descripciones geométricas de todas las estructuras y deberá ser construida y controlada siguiendo la información que en ellos se indica y las normas incluidas en el CTE. La interpretación de los planos y de las normas de ejecución de la estructura queda supeditada en última instancia a las directrices y órdenes que durante la construcción de la misma imparta la Dirección Facultativa de la obra.

Muros portantes

Los muros de piedra son de granito con un espesor medio de 60 cm. Desde el punto de vista estructural son muros de carga pues sobre ellos descansa el resto de la estructura interior de la vivienda.

Se procederá a la reparación de aquellas zonas que presenten desprendimientos, se taparán los huecos que no sean necesarios y se abrirán otros necesarios para dar iluminación y ventilación a las estancias resultantes de la nueva distribución interior.

En su coronación se ejecuta un zuncho de hormigón armado que tendrá la doble función de servir de apoyo y fijación de la estructura de cubierta y a su vez arriostrar el muro para su mejor conservación y comportamiento estructural.

Estructura de madera

La estructura de la vivienda estará formada por madera laminada encolada de la clase resistente GL32h debido a su mayor sostenibilidad ambiental y estabilidad dimensional y de comportamiento estructural.

La estructura horizontal se resolverá con vigas de 200x280 mm entre las que se dispondrán viguetas de 100x140 mm con un intereje de 60 cm aproximadamente, enrasado por su parte superior. Sobre estos irá colocado el panel thermochip que servirá de soporte al pavimento. La separación de las vigas, que irán apoyadas sobre los muros de piedra será, dentro de lo posible, regular intentando evitar que el reparto de cargas sobre los muros recaiga en un dintel de hueco de puerta o ventana, aunque si en algún caso no se puede evitar, se optará por el empleo de dinteles mayores.

Las uniones entre vigas y viguetas se realizarán por medio de unión de cajón.

El entramado de cubierta conservará la misma forma que la actual, se realizará con pares de madera laminada encolada, con una escuadría de 200x250 mm apoyadas en una viga cumbreral y limatones de 280x320 mm. Están unidas mediante estribos metálicos clavados con puntas metálicas al tresbolillo.

Sobre esta estructura primaria se apoyan las distintas capas que conforman el sistema de cobertura.

La unión de los pares de cubierta con el zuncho perimetral del muro se realizará mediante pletinas metálicas fijadas al elemento por medio de pernos.

La definición gráfica de los elementos y encuentros descritos anteriormente se encuentra en la documentación gráfica, planos de estructura y detalles del estado reformado.

2.3 Sistema envolvente

Muros de cerramiento

El sistema envolvente está constituido por los muros de mampostería de granito originales.

En el exterior, se llevarán a cabo las labores de limpieza de todas las fachadas, mediante medios manuales y chorro de arena húmedo. También se realizará un picado de los revestimientos, dejando las piedras y juntas limpias, para su posterior revestimiento con enfoscado de cemento y pintura blanca.

A las fachadas, con ayuda de una pistola y en tiempo seco, se le aplicarán una imprimación hidrofugante.

En el interior se eliminarán todos los revestimientos y se pircarán todas las juntas hasta dejarlas limpias así como la preparación necesaria de huecos por pérdida de material y cosido de grietas.

Los muros de piedra se trasdosarán con un sistema autoportante, compuesto por una estructura de perfiles de acero galvanizada a base de canales y montantes

separados 400 mm a los que se atornillarán las placas de yeso laminado de 15 mm. En su interior se dispone un aislamiento térmico a base de lana de roca en todo el ancho del canal. Los muros interiores se dejarán sin trasdosar para conservar el aspecto rústico y tradicional; para evitar los puentes térmicos se construirá de nuevo el trozo de muro correspondiente a esa estancia dejando 4 cm de cámara de aire y 4 cm de aislamiento térmico.

Cubierta

Sobre la estructura de cubierta se coloca el panel tipo sándwich "Thermochip TAH/10-80-19 Plus" compuesto, de exterior a interior por: tablero de aglomerado hidrófugo de 19 mm de espesor, núcleo de aislamiento térmico a base de poliestireno extruido Styrofoam IBF de 80 mm de espesor y cara interior de friso de abeto de 10 mm de espesor, acabado laurado roble. Sobre el panel sándwich se dispone la impermeabilización a base de una lámina bituminosa. El material de cobertura serán las piezas de pizarra recuperadas del estado actual colocadas sobre rastreles.

2.4 Sistema de compartimentación

Particiones verticales

Las divisiones verticales se realizarán mediante un tabique de cartón-yeso 12,5+12,5+60+12,5+12,5 con placas de yeso laminado sobre estructura de canales y montantes. El alma del tabique se rellena de material aislante térmico y acústico a base de lana mineral, no revestida, suministrada en rollos. El espesor total es de 110 mm.

Estos tabiques llevarán el tipo de placa adecuada a su ubicación. En baños y aseos se usarán placas especiales para resistir la humedad. En la cocina se combinarán placas resistentes a la humedad con las resistentes al fuego, estas últimas se colocarán en las proximidades de zonas de manejo de fuego.

Particiones horizontales

El forjado de la planta baja está formado, de abajo hacia arriba, por los siguientes elementos:

- Terreno natural compactado.
- Zahorra artificial de áridos de granito compactada.
- Lámina plástica para aislamiento de humedades.
- Solera de hormigón ligeramente arma y nivelada.
- Bovedilla de polipropileno tipo "Caviti", modelo C-40, de 400 mm de altura.
- Capa de compresión de 5 cm de espesor con lámina plástica.
- Panel tipo sándwich "Thermochip TAH/10-80-19 Plus" compuesto, de exterior a interior por: tablero de aglomerado hidrófugo de 19 mm de espesor, núcleo de aislamiento térmico a base de poliestireno extruido Styrofoam IBF de 80 mm de espesor y cara interior de friso de abeto de 10 mm de espesor.
- Mortero autonivelante con aditivo especial de unos 5 cm de espesor.

- Pavimento de suelo de gres rústico en las estancias comunes y esmaltado en aseos. En las habitaciones se coloca tarima flotante machihembrada de 22 mm de espesor.

El forjado de planta alta está formado, de abajo a arriba, por los siguientes elementos:

- Panel tipo sándwich "Thermochip TAH/10-80-19 Plus" compuesto, de exterior a interior por: tablero de aglomerado hidrófugo de 19 mm de espesor, núcleo de aislamiento térmico a base de poliestireno extruido Styrofoam IBF de 80 mm de espesor y cara interior de friso de abeto de 10 mm de espesor.
- Mortero autonivelante con aditivo especial, de 5 cm de espesor.
- Pavimento de suelo de gres rústico en baños y de tarima flotante machihembrada, de 22 mm de espesor, en las habitaciones.

En los baños, además de todo lo anteriormente citado, se dispondrá una lámina impermeabilizante entre el entablado y el panel thermochip.

El falso techo se dispondrá en baños, cocina y dormitorio 1. Será continuo de escayola.

2.5 Sistemas de acabados

Exteriores

Paramentos verticales

Los muros de las fachadas de la vivienda irán enfoscados con mortero de cemento y pintados de color blanco. Una vez limpios, en tiempo seco, se le aplicará un tratamiento impermeable con pistola, del tipo de Sikaguard-710.

La carpintería exterior, tanto puertas como ventanas, será de aluminio con acabado de imitación a la madera y rotura de puente térmico. Las ventanas van montadas con diferentes tipos de vidrio en función de la tipología de estas. Se emplean acristalamientos tipo "Climalit" con vidrios 6+6+4.

Pavimento

Alrededor de las fachadas Norte, Sur y Este se dispone un solado de losas de granito de dimensiones 120x60x6 cm. Estas van distribuidas a partir de una hilada de mayores dimensiones, 120x120x6 cm, dispuesta en el frente de la puerta de acceso principal a la vivienda, y se harán coincidir con las tapas de las arquetas de evacuación de pluviales.

Las placas se colocarán sobre una losa de hormigón de 10 cm de espesor con interposición de una capa de mortero de cemento. La losa se soporta sobre una capa de zahorra bajo la cual se dispone una capa de tierra vegetal. Inmediatamente debajo hay una capa drenante formada por grava 20-30 mm. En su encuentro con los paramentos de la vivienda se dispondrá una impermeabilización con oxiasfalto en proporción 1,5 kg/mm² y una lámina drenante nodular de polietileno de alta densidad.

Las losas de granito de la planta baja en la vivienda primitiva, se colocan estableciendo una acera para permitir el acceso peatonal el acceso peatonal de la finca y la entrada Sur a la vivienda.

El terreno permanecerá en estado natural salvo una pequeña porción que se adaptará con placas de césped para permitir al acceso de los coches al garaje. Las placas de césped serán de polietileno de alta densidad constituidas por celdas exagonales de 6 cm de diámetro y con una perforación en el fondo de cada una para permitir el drenaje. Las celdas se rellenarán con tierra vegetal para el sembrado de césped. En cuanto a su colocación, se dispondrán sobre una capa de mezcla de arena y gravilla de tamaño 0/6 a 0/10 mm y de 4 cm de espesor. Bajo esta la capa soporte, mezcla de arena y gravilla de 0/32 mm de tamaño de unos 20 cm, pues se trata de una zona destinada al tráfico de vehículos. Por último una capa de grava para permitir el correcto drenado del terreno.

Interiores

Paramentos verticales

Los muros de cerramiento irán trasdosados por el interior con un sistema de yeso laminado.

Los tabiques de yeso laminado llevarán dos manos de pintura plástica color beige, previa imprimación.

En baños y aseos se revestirán los paramentos de yeso con alicatado porcelánico esmaltado de 30x30 cm. En la cocina se alicatará la zona de trasdosado en la que están situados los muebles de almacenamiento con listelo de gres porcelánico rústico de 4,6x15 cm. Todo ello alicatado mediante adhesivo cementoso normal C1 con una junta de 1,5 a 3 mm, cantoneras y ángulos de PVC.

Las puertas de paso serán de madera de roble, abatibles o de corredera, ciegas o con vidrios traslúcidos, de 2,03x0,83 m acabadas con barniz satinado.

En los alpendres y galinero se dejará la piedra al descubierto la cual se tratará con una imprimación para evitar el desprendimiento de arenilla.

Pavimentos

En la cocina y horno el pavimento será a base de baldosas de gres porcelánico esmaltado antideslizante de 40x40 cm. Los baños también irán revestidos con gres porcelánico esmaltado antideslizante pero de dimensiones 30x30 cm. En vestíbulos de la planta baja el pavimento será gres rústico antideslizante de 30x30 cm. Todas ellas colocadas en capa gruesa con mortero de cemento M5 y rejuntado con mortero de juntas cementoso, CG1, para juntos de unos 10 mm en color de la pieza.

En dormitorios, salones, comedor y pasillo de la planta alta se colocará un entarimado flotante de tablas de madera maciza de roble de 120x22 mm-

En el caso de los alpendres se aplicará un revestimiento de baldosas de barro cocido.

Techos

Los falsos techos irán acabados con dos manos de pintura plástica de color blanco, previa imprimación. Las vigas, viguetas y el panel sándwich ThermoChip se lijaron y barnizarán con barniz satinado antes de la colocación del yeso satinado entre ellos.

En la planta bajo cubierta irá el forjado de cubierta a la vista por lo que se barnizarán la viga cumbreral, los limatones y pares con barniz satinado, previo lijado. Lo mismo se hará con la estructura de los edificios anejos, pero en este caso no se repondrán nuevas escuadrías de madera, si no que se conservarán las existentes limpiándolas y tratándolas de todos los agentes externos a los que se vean sometidas.

ACABADOS INTERIORES PLANTA BAJA			
ESTANCIA	SUELO	PAREDES	TECHO
Cocina	Gres porcelánico esmaltado antideslizante 40x40 cm	Pintura plástica color a elegir Listelo de gres porcelánico rústico 4,6x15 cm	Falso techo continuo de escayola
Dormitorio 1	Tarima de roble de 120x22 cm	Pintura plástica color a elegir	Falso techo continuo de escayola
Vestíbulo	Gres rústico antideslizante 30x30 cm	Pintura plástica color a elegir / Muro de mampostería visto	Entramado visto de madera de roble
Salón	Tarima de roble de 120x22 cm	Pintura plástica color a elegir	Entramado visto de madera de roble
Comedor	Tarima de roble de 120x22 cm	Pintura plástica color a elegir	Entramado visto de madera de roble
Vestíbulo	Gres rústico antideslizante 30x30 cm	Pintura plástica color a elegir / Muro de mampostería visto	Entramado visto de madera de roble
Baño	Gres porcelánico esmaltado antideslizante 30x30 cm	Alicatado de travertino esmaltado 30x30 cm	Falso techo continuo de escayola
Horno	Gres porcelánico esmaltado antideslizante 40x40 cm	Muro de mampostería visto	Entramado visto de madera de roble

ACABADOS INTERIORES PLANTA ALTA			
ESTANCIA	SUELO	PAREDES	TECHO
Dormitorio 2	Tarima de roble de 120x22 cm	Pintura plástica color a elegir	Entramado visto de madera de roble
Baño 2	Gres porcelánico esmaltado antideslizante 30x30 cm	Alicatado de travertino esmaltado 30x30 cm	Falso techo continuo de escayola
Baño 3	Gres porcelánico esmaltado antideslizante 30x30 cm	Alicatado de travertino esmaltado 30x30 cm	Falso techo continuo de escayola
Dormitorio 3	Tarima de roble de 120x22 cm	Pintura plástica color a elegir / Muro de mampostería visto	Entramado visto de madera de roble
Dormitorio 4	Tarima de roble de 120x22 cm	Pintura plástica color a elegir	Entramado visto de madera de roble
Salón	Tarima de roble de 120x22 cm	Pintura plástica color a elegir	Entramado visto de madera de roble
Pasillo	Tarima de roble de 120x22 cm	Muro de mampostería visto	Entramado visto de madera de roble

2.6 Sistemas de acondicionamiento e instalación

Instalación eléctrica

La acometida se hará en la fachada oeste. En el muro de cerramiento exterior, en la zona de la entrada se instalará la Caja General de protección y el Contador.

En la entrada se dispondrá el cuadro general desde el que partirán las líneas para alimentar los diferentes circuitos así como para el cuadro de garaje.

La instalación interior discurrirá bajo un tubo empotrado de PVC.

La toma de tierra se realizará con un conductor de cobre enterrado de 35 mm² de sección que discurre rodeando la edificación en todo su perímetro.

Datos de partida

Dadas las características de la obra y los niveles de electrificación elegidos se parte de 9.200 kW como potencia total instalada y demandada por la instalación.

Objetivos

El objetivo es que todos los elementos de la instalación eléctrica cumplan las exigencias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).

Prestaciones

Alumbrado y conexiones a la red de energía eléctrica en todas las dependencias de la vivienda.

Bases de cálculos

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta:

- REBT-2002: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- UNE 20460-5-523 2004: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensión de 1 a 30 KV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra la sobre intensidad.
- EN-IEC 60 947-2:1996: Aparamenta de baja tensión. Interruptores automáticos
- EN-IEC 60 947-2:1996 Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- EN-IEC 60 269-1: Fusibles de baja tensión.
- EN 60 898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra la sobreintensidad.

Instalación de fontanería

La dotación de agua potable se realiza a través de conexión de la acometida con la red de suministro municipal.

La acometida se realizará con tubos de polietileno de alta densidad (PE-100) mientras que la instalación interior se realizará con tubo de polietileno reticulado (PE-X).

Los aparatos sanitarios serán de porcelana vitrificada marca ROCA y el fregadero será de acero inoxidable.

Datos de partida

Se aplaca lo contenido en el DB HS4 en cuanto al diseño, dimensionado, ejecución, uso y mantenimiento.

Objetivo

Lo establecido en el DB HS4.

Prestaciones

Las previstas en el DB HS4. El edificio dispone de medios adecuados para el suministro de agua apta para el consumo al equipamiento higiénico previsto, de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo, impidiendo retornos e incorporando medios de ahorro y control de agua.

Bases de cálculo

El diseño y dimensionado se realizará en base a los apartados 3 y 4 del DB HS4 Suministro de agua.

Instalación de saneamiento

La red de saneamiento se realiza con tuberías de PVC, con bote sifónico en los cuartos de baño. En la cocina, el fregadero llevará instalado un sifón individual mientras que el lavavajillas acometerá directamente a la arqueta más próxima.

La red evacuará los líquidos y partículas sólidas por el interior de la parcela, mediante arquetas de registro y tubo de PVC hasta la red general de saneamiento.

La red de pluviales se realiza con canalones circulares de cobre de 200 mm de diámetro y 0,6 mm de espesor al que se conectan las bajantes de 125 mm de diámetro también de cobre, que desembocan en arquetas a pie de bajante. El agua de la lluvia será conducida por una red de arquetas de registro y tubos de PVC hasta el depósito de aprovechamiento de pluviales para su posterior uso en riego. El excedente se filtrará en el terreno por medio de un pozo filtrante.

Datos de partida

La red de saneamiento del edificio es mixta. Se garantiza la independencia de las redes de pequeña evacuación y bajantes de aguas pluviales y residuales.

Objetivo

Los recogidos en el DB HS5.

Prestaciones

Las previstas en el DB HS5.

Bases de cálculo

El diseño y dimensiones de la red de evacuación de aguas del edificio se realizan en base a los apartados 3 y 4 del DB HS5 Evacuación de aguas.

Instalación solar térmica

Datos de partida

Se aplacan las condiciones establecidas en el DB HE4 en cuanto a contribución solar mínima, diseño, dimensionado y mantenimiento.

Objetivo

Se dispondrán los captadores con orientación sur y un ángulo de 9º.

Prestaciones

El porcentaje energético anual de contribución solar del 30%, en función de la demanda de agua caliente sanitaria y de la zona climática (I).

Las descritas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios.

Instalación receptora de gas

Datos de partida

PARÁMETROS DE CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN RECEPTORA DE GAS	
Zona climática	D
Coefficiente corrector en función de la zona climática	1.12
Tipo de gas suministrado	Propano
Poder calorífico superior	24800 kcal/m ³ - 11900 kcal/kg
Poder calorífico inferior	22320 kcal/m ³
Densidad relativa	1.87
Densidad corregida	1.16
Presión máxima de salida del Centro de Almacenamiento	1.75 bar
Presión mínima de salida de los reguladores individuales	37.00 mbar
Presión mínima en llave de aparato	33.0 mbar
Velocidad máxima en un montante individual	10.0 m/s
Velocidad máxima en la instalación interior	10.0 m/s
Coefficiente de mayoración de la longitud en conducciones	1.2
Potencia total en la acometida	30.0 kW

Objetivo

El objetivo es que todos los elementos de la instalación de gas cumplan las exigencias del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias (ICG01 a ICG11).

Prestaciones

La fiabilidad técnica y la eficiencia económica conseguida en la instalación de gas del edificio preservan la seguridad de las personas y los bienes.

Bases de cálculo

El dimensionado de la instalación receptora de gas es efectuado según los criterios establecidos en el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias (ICG01 a ICG11), aprobado por el Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, según el cual:

Características de la instalación

El combustible utilizado en las instalaciones de distribución de GLP es propano comercial en fase gaseosa, efectuándose el trasvase y almacenamiento en el depósito en fase líquida.

Cuando en la zona se prevea un cambio de tipo de gas, el diseño de la instalación se debe realizar de tal forma que la instalación receptora de gas resultante sea compatible para ambos, de acuerdo con el RD 919/2006.

PARÁMETROS DE CÁLCULO PARA LOS DEPÓSITOS DE GLP	
Tipo de gas suministrado	Propano
Poder calorífico superior	24800 kcal/m ³ - 11900 kcal/kg
Poder calorífico inferior	22320 kcal/m ³
Densidad relativa	1.87
Densidad corregida	1.16
Presión máxima de salida del Centro de Almacenamiento	1.75 bar
Coeficiente de transmisión global del acero	11.6 W/(m ² ·K)
Coeficiente para calcular la superficie mojada	0.390
Temperatura mínima del ambiente en que está instalado el depósito	0.8 °C
Temperatura de equilibrio líquido-gas del propano	-20 °C
Calor latente de vaporización del propano	92.0 kcal/kg
Superficie de cálculo	2.5 m ²
Consumo diario	12.6 kg
Caudal total	2.18 kg/h
Autonomía	22 días

Instalación de calefacción

Datos de partida

Calefacción		
Conjunto	Potencia por superficie (W/m ²)	Potencia total (W)
Vivienda	46.2	8514.8

Objetivo

El objetivo es que el edificio disponga de instalaciones térmicas adecuadas para garantizar el bienestar e higiene de las personas con eficiencia energética y seguridad.

Prestaciones

El edificio dispone de instalaciones térmicas según las exigencias de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad prescritas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Bases de cálculo

Las bases de cálculo para el cumplimiento de la exigencia básica HE 2 están descritas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios.

Características de la instalación

Sistema de calefacción de suelo radiante "UPONOR IBERIA", compuesto por difusor de calor de aluminio, de 1150x185 mm, para tubo de 17 mm de diámetro y tubo

de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno, de 17 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor.

2.7 Urbanización

La parte Sur de la finca se destinará a zona de paseo, donde además se encuentran las edificaciones objeto de reforma. Se creará una acera alrededor de las fachadas Norte, Este y Sur que envolverán las construcciones.

Como acceso rodado se instalará un portal de apertura corredera automatizado, y a su lado habrá un acceso peatonal, que junto a la creación de un camino de baldosas dará entrada al portal de la edificación.

En la entrada además habrá un robledal especie autóctona de la zona. En la parte Noreste de la zona de paseo se creará una zona de comedero con su correspondiente asador y por último llegando a las tierras de cultivo habrá árboles frutales.

La mayor parte de este terreno estará cubierto por césped natural. Otra parte, correspondiente al camino que lleva desde la entrada para tráfico rodado hasta el garaje, estará pavimentado con césped artificial de PVC.

Para el riego se dispondrán grifos de agua fría alrededor de esta zona para que el usuario decida cuándo conectar las diferentes mangueras con aspersores.

El resto de la finca, la parte Norte y la parcela que queda fuera del muro de mampostería pero que también pertenece a los dueños de la edificación, será destinada a tierras de cultivo.

Palas de Rei, julio 2016

El autor del Proyecto

Hugo Amado Sueiro

Alumno de Arquitectura Técnica

3. CUMPLIMIENTO DEL CTE Y OTROS REGLAMENTOS

3. Cumplimiento del CTE y otros reglamentos	2
3.1 Cumplimiento del CTE.....	2
3.2 Cumplimiento de otros reglamentos	3

3. Cumplimiento del CTE y otros reglamentos

3.1 Cumplimiento del CTE

Por el Art.2. Ámbito de aplicación, del Capítulo 1. Disposiciones Generales, del CTE en el presente Proyecto se aplicará dicha norma al tratarse de una obra de rehabilitación, debiendo cumplir, las prestaciones de la vivienda, las exigencias básicas para cada uno de los requisitos básicos.

Son requisitos básicos, conforme a la Ley de Ordenación de la Edificación, los relativos a la funcionalidad, seguridad y habitabilidad.

Se establecen estos requisitos con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente, debiendo los edificios proyectarse, construirse, mantenerse y conservarse de tal forma que satisfagan estos requisitos básicos.

DOCUMENTO BÁSICO	CAPÍTULO	APLICACIÓN
DB-SE: Seguridad estructural	SE: Bases de cálculo	Aplicable
	SE-AE: Acciones en la edificación	Aplicable
	SE-C: Cimientos	No aplicable
	SE-A: Acero	Aplicable
	SE-F: Fábrica	No aplicable
	SE-M: Madera	Aplicable
DB-SI: Seguridad en caso de incendio	SI 1: Propagación interior	Aplicable
	SI 2: Propagación exterior	Aplicable
	SI 3: Evacuación ocupantes	Aplicable
	SI 4: Instalaciones de protección contra incendios	Aplicable
	SI 5: Intervención de bomberos	Aplicable
	SI 6: Resistencia al fuego de la estructura.	Aplicable
DB-SUA-: Seguridad de utilización y accesibilidad	SUA- 1: Seguridad frente al riesgo de caídas	Aplicable
	SUA- 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o atrapamiento	Aplicable
	SUA- 3: Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento	Aplicable
	SUA- 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada	No aplicable
	SUA- 5: Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación	No aplicable
	SUA- 6: Seguridad frente al riesgo de ahogamiento	No aplicable
	SUA- 7: Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento	No aplicable
	SUA- 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo	No aplicable
	SUA- 9: Accesibilidad	Aplicable
DB-HS: Salubridad	HS 1: Protección frente a la humedad	Aplicable

DOCUMENTO BÁSICO	CAPÍTULO	APLICACIÓN
	HS 2: Recogida y evacuación de residuos	No aplicable
	HS 3: Calidad del aire interior	Aplicable
	HS 4: Suministro de agua	Aplicable
	HS 5: Evacuación de aguas	Aplicable
DB-HR: Protección frente al ruido	HR: Protección frente al ruido	Aplicable
DB-HE: Ahorro de energía	HE 0: Limitación del consumo energético	Aplicable
	HE 1: Limitación de demanda energética	Aplicable
	HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas	Aplicable
	HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	No aplicable
	HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	Aplicable
	HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica	No aplicable

3.2 Cumplimiento de otros reglamentos

ESTATALES	
RITE	Reglamento de instalaciones térmicas en edificios.
REBT	Reglamento electrotécnico de baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ICT) BT 01 a BT 51.
RCD	Producción y gestión de residuos de construcción y demolición.
RD 1697/97	Seguridad y Salud en las obras de construcción

AUTONÓMICAS	
Habitabilidad	RD 29/2010. Normas de Habitabilidad de viviendas de Galicia.
Ley 3/1996	Protección de los tramos de los Caminos de Santiago de la Comunidad Autónoma de Galicia.

LOCALES	
Normas Subsidiarias	Normas Subsidiarias de Planeamiento del Término municipal de Palas de Rei, de 24 de enero de 1995.

Palas de Rei, julio 2016

El autor del Proyecto

Hugo Amado Sueiro

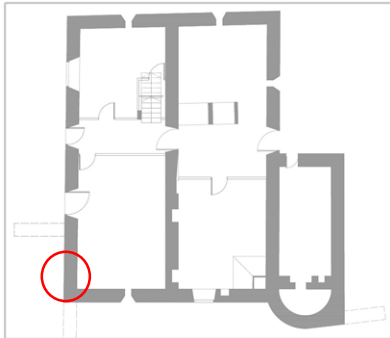

Alumno de Arquitectura Técnica

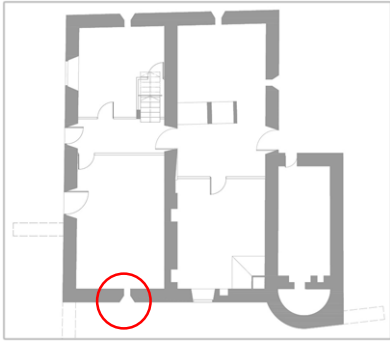

4. ANEJOS A LA MEMORIA

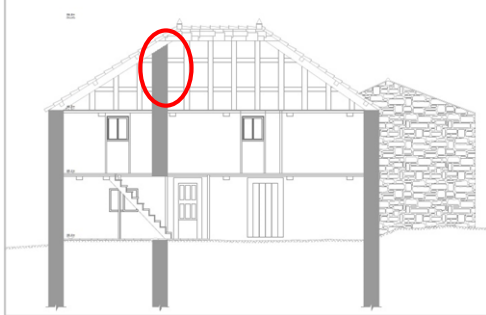

4.1. Estudio patológico

1.	Fichas patológicas del proyecto.....	2
2.	MEMORIA PATOLÓGICA.....	11
2.1.	Tipos de lesiones y agresiones	11
2.1.1.	Causas de alteración de durabilidad en los materiales	11
2.1.2.	Alteraciones y causas según el tipo de material	28
2.1.3.	Análisis de los procesos patológicos. Diagnóstico y tratamiento	40

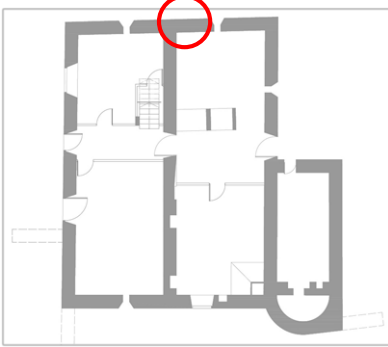
1. Fichas patológicas del proyecto

FICHA PATOLÓGICA Nº1:	
SITUACIÓN	 
LESIÓN	<p>Presencia de humedades, desprendimiento, deformaciones y fisuras en los muros de mampostería.</p>
CAUSAS	<p>Se debe al crecimiento de vegetación en sitios de humedad constante en el cerramiento. Se encuentra en todo el perímetro del edificio en la parte más cercana a la cimentación de este. Esta vegetación provoca un ensanchamiento de las juntas entre las piedras, giros, y posibilidad de levantamiento de estas, dando lugar a esfuerzos excesivos y de forma puntual. El ataque es de tipo mecánico, por la acción de su propio peso y la introducción de raíces entre las juntas.</p>
TRATAMIENTO	<p>Se procederá a la limpieza de toda vegetación existente, prestando especial atención a las juntas entre mampuestos y en las posibles fisuras o grietas. La restauración y encintado de los muros evitará la proliferación de nuevas plantas debido a la eliminación de las cavidades entre las piedras.</p> <p>También se procederá al drenaje perimetral de los muros exteriores, para evitar en lo posible el ascenso de humedad por capilaridad.</p> <p>No se considera recomendable atacar las plantas en vivo, sino introducir previamente algún tipo de biocida que las seque y facilite su posterior extracción sin que se produzcan daños físicos en las piedras.</p>

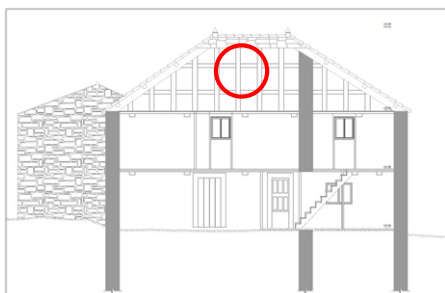

FICHA PATOLÓGICA Nº2	
SITUACIÓN	 
LESIÓN	<p>Son de tipo físico y mecánico, fisuras y acanaladuras.</p>
CAUSAS	<p>Ésta es debida a la actividad biológica, consiste en la destrucción mecánica causada por el crecimiento de raíces de plantas, rizoides de musgos, hifas de hongos, o algas endolíticas perforantes. Las raíces de plantas, pueden dar lugar a intercambio de iones, y la acumulación de humedad, que se produce por ejemplo en las algas, proporcionan el medio adecuado para otros mecanismos de alteración ajenos a la actividad biológica.</p>
TRATAMIENTO	<p>Se procederá con un tratamiento de biocidas, como en el primer caso, se aplicara para eliminar o paliar el biodeterioro.</p> <p>No sólo se deben eliminar el crecimiento de organismos en la piedra, sino que además deberemos hacerla más resistente a nuevas colonizaciones.</p> <p>No debemos dañar la piedra con los productos aplicados, ni cambiar su aspecto externo.</p> <p>Entre los diferentes tratamientos antibacterianos podemos emplear la estreptomycin y la kanamicina, pues son bastante efectivos.</p> <p>En cuanto a la eliminación de plantas, se recomienda previo a su arranque, secarlas con algún producto biocida, pues así no se dañara la piedra.</p>


FICHA PATOLÓGICA Nº3	
SITUACIÓN	 
LESIÓN	<p>Humedad, eflorescencias y hongos.</p>
CAUSAS	<p>Consisten en la cristalización en la superficie de un material, de las sales solubles contenidas en el mismo, y arrastradas al exterior por el agua que las disuelve, esta agua se mueve hacia el exterior donde acaba evaporándose, y dando lugar a la cristalización de las sales. La causa directa está en la humedad.</p>
TRATAMIENTO	<p>La facilidad de su eliminación está relacionada con la solubilidad del tipo de sal. Por ello, el análisis de las sales presentes es imprescindible. De acuerdo con su grado de solubilidad las sales tienen distinta capacidad de migración.</p> <p>En la práctica no se pueden eliminar todas las sales contenidas en el interior de la piedra, por las consideraciones expuestas anteriormente; sin embargo podría existir la posibilidad de estabilizarlas si se controlan los aportes de humedad.</p> <p>Durante el proceso de desalinización se deberá controlar periódicamente la concentración de las sales depositadas en los apósitos, hasta llegar a una estabilización y verificar que el proceso deja de ser eficaz.</p> <p>En el caso de que no se pudieran eliminar las sales, no se deberá proceder a la consolidación o hidrofugación del soporte.</p> <p>Para eliminar las sales en superficie se pueden utilizar los siguientes métodos: Pulpa de papel impregnada en agua desionizada. Arcillas absorbentes impregnadas en agua desionizada.</p> <p>Se aconseja la utilización de cloruro de bario u otras sales, cuyo objetivo es transformar las sales solubles en insolubles. Estos procedimientos suelen facilitar la formación de productos secundarios, nocivos para la conservación de la piedra.</p>

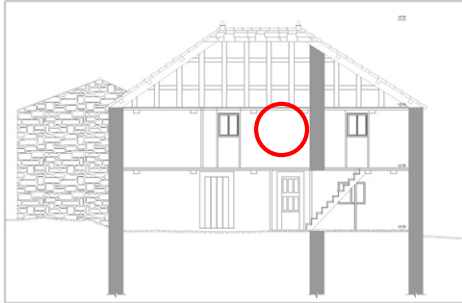

FICHA PATOLÓGICA Nº4	
SITUACIÓN	 
LESIÓN	<p>Presencia de cobertura vegetal.</p>
CAUSAS	<p>La causa directa está en la humedad y en la falta de mantenimiento de la edificación.</p>
TRATAMIENTO	<p>Eliminación por medios manuales y cepillado de la zona afectada, para el posterior picado del enfoscado de todas las fachadas de forma cuidadosa con la piedra, posteriormente se hará una limpieza, bien con espátulas, piedra pómez,... La eficacia de este método dependerá de la habilidad y sensibilidad del operador. Habrá que adaptar el método de limpieza en función a lo débil que sea la piedra, para evitar la erosión de la misma.</p> <p>Tras esto, se eliminará la humedad de los muros instalando un drenaje perimetral de los mismos y aplicando un tratamiento fungicida.</p>

FICHA PATOLÓGICA Nº5	
SITUACIÓN	 
LESIÓN	<p>Desprendimientos y desconchados en el enfoscado de mortero de cemento y como consecuencia de esto, disgregación en la piedra.</p>
CAUSAS	<p>Aparecen con la gran humedad retenida en el muro debido a las filtraciones de agua causadas por la humedad que hay en el ambiente, los agentes meteorológicos, etc.</p> <p>La disgregación es una alteración física que comporta una descohesión debida a la pérdida de unión y caída espontánea debido a los componentes del mortero.</p> <p>La retracción del cemento, da lugar a tensiones internas mayores que la propia adhesión entre el enfoscado y la piedra, produciéndose así el desprendimiento del enfoscado y arrastrando consigo superficie de piedra.</p>
TRATAMIENTO	<p>Debemos picar todo el enfoscado, de forma cuidadosa con la piedra, posteriormente se hará una limpieza, bien con espátulas, piedra pómez,... La eficacia de este método dependerá de la habilidad y sensibilidad del operador. Habrá que adaptar el método de limpieza en función a lo débil que sea la piedra, para evitar la erosión de la misma.</p> <p>Tras haber limpiado todo el mortero, procederemos a la consolidación de la piedra con la pretensión de aumentar la cohesión de los componentes de la zona superficial alterada. Para ello se procede a la aplicación de productos sobre la superficie de la piedra que mejore la adherencia de la parte deteriorada con la sana e incluso aumente su resistencia mecánica. Es importantísimo, que el tratamiento aplicado, penetre en el interior de la piedra sana, además de la deteriorada, para consolidar la unión perfectamente. También se aplicará un tratamiento hidrofugante para evitar a la aparición de nuevas humedades.</p> <p>Para que la adherencia del producto a la piedra sea duradera, es necesario que el consolidante, una vez haya penetrado, pase del estado líquido al sólido, disminuye de esta forma la porosidad en la piedra en la zona de actuación.</p> <p>Se podrá utilizar alguno de los tipos de consolidantes organosilícicos, alcoxilanos.</p>

FICHA PATOLÓGICA Nº6	
SITUACIÓN	<p>Planta primera</p>  
LESIÓN	Deterioro de la carpintería de madera
CAUSAS	<p>El deterioro de la madera es causado por la exposición a agentes meteorológicos durante un período largo de tiempo. Además, la presencia de humedad favorece a la proliferación de agentes bacteriológicos que poco a poco van comiendo la madera y deteriorándola. A eso le podemos sumar el estado de abandono de la vivienda, con su correspondiente falta de ventilación y tratamientos que pudieran evitar llegar al estado en el que actualmente se encuentra la carpintería.</p>
TRATAMIENTO	<p>Se sustituirán las carpinterías afectadas por unas nuevas que se adaptarán a la nueva distribución y funcionalidad de los espacios interiores.</p>

FICHA PATOLÓGICA Nº7	
SITUACIÓN	 
LESIÓN	<p>Presencia de insectos xilófagos y hongos de pudrición.</p>
CAUSAS	<p>Los hongos de pudrición afectan a las capacidades mecánicas y reológicas de la madera, destruyendo la estructura de sus fibras. en este caso nos encontramos con una pudrición blanda, donde la madera se reblandece desde la superficie hasta el interior. Los insectos xilófagos se alimentan de las sustancias nutritivas de la madera, creciendo, proliferándose y reproduciéndose a costa de éstas.</p> <p>La causa de la aparición es la presencia de humedad en el ambiente y en la madera debido al estado del material de cobertura de la cubierta y ausencia de tratamiento y mantenimiento de la misma.</p>
TRATAMIENTO	<p>Debido al grado de afectación que se encuentra toda la estructura de madera así como las propias particiones de madera, la totalidad de estructura de madera se sustituirá por una nueva. La madera afectada se eliminará y se colocará otra de igual especie impregnada con protectores.</p>

FICHA PATOLÓGICA Nº8	
SITUACIÓN	 
LESIÓN	<p>Presencia de hongos cromógenos en la madera.</p>
CAUSAS	<p>Son mohos que atacan la madera superficialmente sin causar pudrición ni importantes deterioros. Producen cambios de color y alteran el aspecto externo de la madera.</p> <p>La presencia de humedad y la descomposición de la madera hacen que estos organismos crezcan, proliferen y se reproduzcan a costa de los elementos leñosos.</p>
TRATAMIENTO	<p>Es necesario disminuir la humedad y tratar la madera químicamente mediante oxidante antimanchas y finalmente aplicación fungicida para su posterior protección.</p>

FICHA PATOLÓGICA Nº9	
SITUACIÓN	 
LESIÓN	<p>Presencia de grietas en la parte alta de los muros de carga.</p>
CAUSAS	<p>Presencia de grietas en las fachadas enfoscadas con mortero de cemento. Su ancho es superior a 1 mm y todo el espesor de la pintura llegando a parte del muro.</p>
TRATAMIENTO	<p>Picado de la totalidad del enfoscado de mortero de cemento (en el exterior del muro) y picado de la totalidad de la pintura y enfoscado de mortero de cemento (en el interior del muro). Una vez hecho eso se colocará una viga de coronación de los muros de carga, de hormigón armado.</p>

2. MEMORIA PATOLÓGICA

Se considera patología constructiva a los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a su ejecución.

Este proceso patológico consta de una secuencia de acontecimientos. Se comienza observando el resultado, la lesión, la que nos llevará al síntoma y éste a reconocer su causa. Con el estudio de esta evolución podremos resolver la patología para así minimizar sus consecuencias, centrándonos en su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado.

Así podemos definir la rehabilitación en un edificio como la recuperación de sus funciones principales. Se llevará a cabo por medio de distintas actuaciones sobre los elementos que han perdido su función constructiva, o sufrido un deterioro en su integridad y/o aspecto.

2.1. Tipos de lesiones y agresiones

Dada la dificultad en la clasificación de las diversas patologías que pueden producirse en una edificación vamos a aunar las lesiones en tres grandes grupos según su agente causante. Al ser la lesión el síntoma final del proceso patológico, las causas que lo generan pueden ser variadas y diferentes, por esto la clasificación debemos valorarla simplemente como una generalidad:

- Lesiones Físicas: causadas por la humedad, la suciedad, la erosión.
- Lesiones Mecánicas: sus causas se deben a un factor mecánico: grietas, fisuras, deformaciones, desprendimientos y erosión debida a esfuerzos mecánicos.
- Lesiones Químicas: previamente a su aparición interviene un proceso químico: oxidación, corrosión, eflorescencias, organismos vivos...

Las causas que originan las lesiones también atienden a otra clasificación según su origen:

- Directas: si son el origen inmediato del proceso.
- Indirectas: su origen está en errores y defectos de diseño o ejecución.

2.1.1. Causas de alteración de durabilidad en los materiales

Causas biológicas:

Producen en el material una modificación en su forma o apariencia, y en el momento en que la causa que lo ha originado, desaparezca o se corrija, el material recuperará su forma original.

Humedades:

La humedad en edificación es causa y efecto de patología constructiva, que disminuye el confort y la salud de los usuarios a la vez que comprometen el estado del edificio.

La humedad se convierte en patológica cuando aparece en forma indeseada, incontrolada y en proporciones superiores a las esperables en cualquier material o elemento constructivo.

La entrada de agua en una edificación se produce por multitud de vías: aspectos meteorológicos, propias de la ejecución, la que se encuentra en los materiales... Así según sus principales productores o incluso transportadores comenzaremos a hacer un estudio de su afectación, según su forma de llegar a obra.

1.- Humedad de obra: Se denomina humedad de obra a aquella causada por el agua utilizada durante el proceso de edificación y aquella directamente presente en casi todos los elementos y materiales constructivos.

Ya vemos que los orígenes pueden ser múltiples, así recogemos los principales, ya que conociendo éstos se evitarán de una manera más sencilla:

- Agua retenida por tensión superficial en el exterior de los materiales.
- Agua contenida en el interior de sus poros.
- Agua como material para la elaboración de otros productos.
- Agua necesaria para la ejecución de unidades de obra.
- Agua procedente de la lluvia.

Dependiendo de las condiciones climáticas en el lugar de implantación de la obra, el agua puede tardar largos períodos en secar. Si el secado no es suficiente o está impedida la evaporación normal, el agua residual es retenida en los materiales y tras un tiempo más o menos largo, se manifiesta en forma de humedad pudiendo provocar las siguientes lesiones:

- Cubiertas:
 - Embolsamientos, despegues y roturas de la barrera antivapor.
 - Manchas en el intradós del elemento.
 - Disminución del aislamiento térmico, en casos de hormigones aligerados.
- Paramento vertical:
 - Eflorescencias.
 - Condensaciones y manchas de hongos.

- Despegues de los revestimientos.
- Desprendimientos de aplacado en fachada.
- Paramento horizontal:
 - Oxidación en armaduras.
 - Pudrición de madera por humedades superiores al 25%, o movimientos en parqués por dilataciones o mermas.

2.- Humedad capilar: Se llama humedad capilar a la humedad que se presenta en las zonas bajas de las construcciones, en muros o cimentaciones y que están en íntimo contacto con el terreno.

Este tipo de humedad se debe a que los materiales de la construcción absorben el agua del terreno a través de la cimentación o muros en contra de la ley de la gravedad. El agua asciende por la red de capilares de los paramentos hasta alturas que dependerán de varios factores como el tipo de material, en concreto por el diámetro de sus capilares, según el espesor del muro, las características del líquido, de la presencia o no de sales y la temperatura.

Las alturas máximas suelen rondar los 1.50, 2.00 metros, y en general cuanto mayor sea el grosor del muro mayor será la altura ya que requerirá una superficie más amplia para evaporarse. También existen factores externos que nos influyen como la orientación del edificio, la temperatura, variaciones estacionales... que nos van a condicionar el grado de evaporación.



Imagen 1. Humedad por capilaridad

3.- Humedad de filtración: La humedad por filtración es aquella que se produce por el acceso de agua del exterior que penetra a través de huecos o grietas existentes en los cerramientos de la edificación.

Es frecuente que se produzca en los encuentros de muros de sótanos con la solera y el forjado superior, así como en juntas constructivas entre distintos elementos, por rotura de los cerramientos o acabados y en lugares de paso de instalaciones.

El principal agente causante es el agua que puede hacer aparición a través de tres vías:

- Por absorción: Se produce cuando el agua penetra a través de los poros del material por capilaridad. Puede producir alteración en los morteros, aparición de eflorescencias, manchas aisladas de humedad en otras zonas...
- Por infiltración: Cuando el agua accede a través de aberturas como grietas o fisuras, o incluso a través de las juntas constructivas. Son comunes en esquinas, por falta de acabado; en encuentros de diferentes materiales, por un mal sellado...
- Por penetración: Se considera cuando el agua penetra directamente, no se sirve de ningún fenómeno propio como la capilaridad o la infiltración. Se da por deterioros del material o del elemento constructivo.

4.- Humedad de condensación: Se produce cuando un aire con una humedad relativa determinada se enfría hasta llegar a la saturación, punto de rocío, y consiste en la liberación de agua por parte de ese aire saturado. Se forman gotitas que se depositan sobre estas superficies y que debido a la adhesión mutua y a la gravedad se van agregando hasta formar mayores núcleos húmedos. En este caso no existe una penetración o un transporte de agua, sino un cambio de estado físico.

Pero este fenómeno de condensación no sólo es superficial, sino que se puede dar en los intersticios de los elementos si en éstos se alcanza la temperatura de rocío. Así, podemos distinguir tres tipos de humedades por condensación:

- Condensación superficial interior. Se produce cuando la temperatura superficial interior es inferior a la de rocío. Este caso se produce, sobre todo, por un aumento exagerado de la presión de vapor en dicha superficie debida a una alta producción de vapor, a impermeabilidad del material de acabado, o incluso por aislamiento deficiente del cerramiento.
- Condensación intersticial. Cuando el fenómeno físico se produce en algún punto del interior del cerramiento. Depende no sólo de la cantidad de vapor de agua que atraviese el muro y del gradiente de temperatura del mismo, sino además, de la constitución del propio cerramiento, la disposición de las distintas capas que lo conforman y de la permisividad al paso del vapor del agua de cada una de ellas, así como de su coeficiente de aislamiento.
- Condensación higroscópica: La causa fundamental es la presencia de sales higroscópicas en el interior de los poros del material. Se trata, por su localización, de una condensación intersticial, pero conviene distinguirla de ésta a los efectos de su reparación, ya que no nos preocupará tanto el aislamiento o la presión de vapor de agua como la eliminación de las sales

higroscópicas que causan la acumulación del vapor y su condensación. La presencia de dichas sales suele ser consecuencia de su disolución y arrastre por anteriores humedades de capilaridad o de filtración.



Imagen 2. Humedades en fachada

5.- Humedad accidental: Se considera humedad accidental a la aparición de la misma en una construcción como consecuencia de accidente, fallos, roturas o averías puntuales de las redes de instalación... también incluimos en este punto a las provocadas por descuidos o mal uso de instalaciones.

Su aparición suele tener un origen claro, facilitando la detección y reparación, aunque a veces puede llegar a confundirse con otros fenómenos llegando a provocar lesiones, sobre todo mecánicas por ejemplo en colapso de suelos arcillosos.

Erosiones:

Los materiales se erosionan a causa de un proceso de alteración natural por la acción destructora de los agentes atmosféricos que a través de procesos físicos provocan una alteración y deterioro progresivo de los materiales, sin variar su composición química. Los principales agentes son el agua, el sol y el viento.

1.- Agua: El agua puede actuar de diversas maneras. Quizás la más clara es la de desgaste del material provocando desprendimientos y arrastres de partículas del mismo, esta acción de forma continuada puede reblandecer las características resistentes de un material e incluso acabar provocando fisuras.

Otro aspecto es el provocado por el ciclo de humedecimiento y secado que provoca variaciones en el volumen de los materiales porosos, que produce tensiones que terminan por afectar al material provocando erosión y fisuras.

La presencia de sales higroscópicas en el agua empeora la situación, provocando en su evaporación la cristalización de éstas, fenómeno conocido como

criptofluorescencia. Se incrementa el volumen en los poros provocando incluso roturas por las fuertes tensiones que se crean. Es similar el fenómeno con el cambio físico del agua a hielo por su incremento de volumen, produciendo el mismo efecto.

Los principales efectos que se observan son:

- Redondeado en esquinas y aristas, por mayor exposición.
- Arenización por desprendimiento en materiales porosos.
- Exfoliación en los sillares.

2.- Variaciones higrotérmicas: Las variaciones de temperatura que se producen durante el día, y durante las estaciones producen en los materiales variaciones volumétricas. A éstas se debe la aparición de erosiones, fisuras e incluso roturas.

Existen diferentes características en los materiales que los hacen más o menos sensibles a ellos, la estructura, características propias del material y las dimensiones de las piezas condicionan las dilataciones y restricciones.

Otro aspecto a considerar son las zonas donde se produce el encuentro entre materiales de diferente dilatación térmica, su comportamiento será diferente creando tensiones en un posible recubrimiento. Incluso en un mismo elemento puede ocurrir una situación similar cuando diferentes zonas de él se encuentran expuestas a ambientes diferentes, habrá una parte que dilate más por recibir más calor y una menos por encontrarse en una zona más fría.

En estas situaciones existen dos opciones según la naturaleza del material. Si es dúctil las tensiones se absorben dando lugar a una deformación, y en el caso de materiales frágiles se originarán grietas.

3.- Viento: El viento es el principal responsable del transporte de partículas, y de la dirección y fuerza de impacto del agua. Produce erosión en las superficies de las areniscas, morteros, ladrillos, redondea aristas y eleva el poder de penetración del agua en la superficie de los materiales.

Las zonas más atacadas son las más expuestas, así tenemos las partes altas de coronación, esquinas, zonas afectadas por formación de remolinos...

4.- Procesos biofísicos: Este tipo de proceso afectará a materiales de origen orgánico, como la madera. La acción de hongos e insectos xilófagos la atacan y alteran llegando a producir su pudrición.

5.- Hongos: El ataque de los hongos a la madera es una consecuencia de la presencia de humedades mayores del 20%, temperaturas de 25 a 30 grados, oscuridad y mala ventilación. La madera constituye el propio alimento y las condiciones anteriores son las más satisfactorias para su desarrollo. Producen un proceso de segregación de sus componentes constitutivos con la consiguiente alteración de sus propiedades físicas, químicas y organolépticas. Existen multitud de clases que englobaremos en dos grupos generales: los que alteran la coloración y los que atacan a la madera en servicio. Se estudiará más a fondo en el apartado propio de la madera.

6.- Agentes xilófagos: Algunas clases de insectos utilizan a la madera como refugio para depositar los huevos aprovechando huecos y pequeñas fisuras que encuentran. Cuando nacen las larvas, cavan las galerías y convierten la madera en su hábitat, extrayendo de ésta el material que los alimenta. Esto produce la lenta destrucción de la madera. Además los hongos también representan un gran peligro ya que sirven de alimento a estos agentes. Algunos de los más comunes son las termitas, lyctus y carcoma.



Imagen 3. Erosiones en la piedra causadas por los agentes meteorológicos y el desconchado del enfoscado

Suciedad:

La suciedad de fachadas se considera como una lesión menor dentro de la patología en construcción. Es posiblemente la lesión menos peligrosa para la obra, pero también es la más extendida. Se define como la acumulación de partículas o sustancias en la superficie o en el interior de los poros del material, siendo ésta última la más dañina.

Existen una serie de factores que nos condicionan la posibilidad de que se produzca la suciedad y en qué medida lo hará. Tanto el entorno en que nos encontremos, por los diferentes agentes contaminantes, situación meteorológica... y las características del elemento en cuestión, como su porosidad, color, forma... van a marcar las pautas en el desarrollo de éste fenómeno.

1.- Agentes contaminantes: Son la causa directa del ensuciamiento físico, son partículas que se depositan y acumulan en los paramentos, pudiendo llegar a producir el cambio de coloración. Se suelen clasificar en función de su tamaño y de su origen, pudiendo ser naturales o artificiales. Las ciudades contienen un alto grado de sustancias artificiales por la cercanía actual de la industria y sobre todo por el alto uso de tráfico rodado y calefacciones.

2.- Condiciones ambientales: El agua y el viento son agentes muy importantes en el proceso de ensuciamiento. Generalmente el viento resulta positivo ya que evita que las partículas se depositen en la superficie contribuyendo a su limpieza, pero por otra parte no hay que olvidar que es él mismo el que se encarga del transporte de la suciedad.

El agua por su parte también produce ambos efectos, el de lavado y el de transporte pero también provoca otras situaciones. Se puede presentar como lluvia o como condensación de vapor de agua. La lluvia sigue un proceso para depositarse en el paramento, el mojado, la saturación y cuando finalmente forma la película. Cuando esta lámina queda en reposo, por baja intensidad, el ensuciamiento es uniforme pero en altas intensidades el agua comienza a barrer la superficie arrastrando la suciedad, y en función de la homogeneidad la suciedad quedará retenida o no en ciertas zonas.

Cuando por último se produce la evaporación de éste agua aparece el ensuciamiento real. Se evapora también el agua de los poros, y las partículas que se pudieran haber arrastrado quedan adheridas al material.

3.- Porosidad: Tanto la porosidad del material como la textura superficial son factores determinantes para la absorción del agua, y como acabamos de ver ésta tiene una gran repercusión en la formación de suciedad. Cuánto más poroso sea el material el agua accederá más a él retrasando la película de agua que podría barrer la suciedad, lo que no sucede con los más compacto, en donde la película se formará antes produciendo el efecto limpiador.

La otra particularidad de la porosidad es la facilidad con la que la suciedad puede penetrar a su través creando una pátina de suciedad.

4.- Geometría y color: Es algo evidente que las condiciones de diseño pueden contribuir de una manera favorable a evitar la formación de suciedad. Zonas que tengan ángulo con la horizontal, relieves, entrantes y salientes, siempre serán más expuestos y por lo tanto tendrán que tratarse con mayor cuidado. El color también juega un papel importante ya que al igual que la suciedad es de percepción visual, los tonos con mayor contraste al de la suciedad se harán más patentes.

Una vez analizados los factores condicionantes vamos a estudiar la tipología de suciedad que nos podemos encontrar. Básicamente las vamos a dividir en dos grupos, las de depósito y las producidas por lavado superficial:

- Por depósito: es la primera fase del ensuciamiento global y se produce por depósito de las partículas sobre la superficie o en los poros. La diferencia entre ellas es que sobre la superficie suele ser cuando ésta está seca y en el poro con superficies húmedas.
- Por lavado diferencial: cuando el agua llega a formar la lámina sobre la superficie se producirá lavado sobre ella. Según el tipo de material que la forme, su acabado y sus características geométricas esta lámina seguirá diferentes caminos, por lo que se marcará un importante contraste entre unas zonas y otras. Los churretones son los caminos que sigue, y así encontraremos churretones limpios o sucios según el contenido que arrastren.

Causas físicas:

Provocan en el material una alteración y deterioro en forma de movimientos, deformaciones e incluso roturas. Se producen cuando el esfuerzo que tiene que soportar el material es mayor para el que ha sido calculado.

Deformaciones:

Son la primera reacción del elemento a una fuerza externa. Al tratar de adaptarse a ella se produce un cambio de forma, la cual puede darse en toda fase del proceso: en su fabricación, ejecución o incluso en la entrada en carga. Podemos distinguir:

- Flechas: es el efecto provocado en una viga, forjado, cubierta o cualquier otro elemento horizontal que se vea afectado por una fuerza vertical en algún punto interior del mismo.
- Desplome: es una lesión que consiste en la pérdida de verticalidad de muros o soportes, al producirse un giro respecto de un eje vertical.
- Pandeo: es consecuencia de un exceso de carga en compresión sobre un elemento vertical, tanto superficial como lineal.
- Alabeo: se producen por rotación del elemento constructivo provocado normalmente por esfuerzos horizontales.

El fenómeno de las deformaciones puede atender a dos causas, cuando son producidas por cargas excesivas o no contrarrestadas, o cuando se producen por movimientos generalizados como el descenso del terreno. También la propia capacidad del material y sus características producirán diferentes situaciones.

El conocimiento de los diferentes comportamientos nos ayuda a la comprensión del fenómeno. Así encontramos la deformación diferida, la fatiga y el impacto. En la primera se relaciona la deformación con el transcurso del tiempo, en función de él varía la situación final, si el tiempo es demasiado romperá y en breves períodos puede disminuirse la deformación. En la fatiga la resistencia a rotura se ve disminuida por la repetición del esfuerzo con intensidad variable. El impacto se refiere a la aparición repentina de una carga considerable, en función del material el resultado podrá variar, según su capacidad de absorber la energía cinética que le transfiere la propia carga.

Grietas y fisuras:

Producen en el material o elemento constructivo roturas longitudinales incontroladas. La clasificación más extendida está en función del espesor de la abertura, así consideraremos:

- Grietas: alcanzan todo el espesor del material o elemento constructivo y su ancho es superior al milímetro. Por todo esto provocan pérdida de consistencia e integridad.

- Fisuras: aberturas con anchura inferior al milímetro que sólo afectan a la superficie del material o a su acabado. Las microfisuras son fisuras que apenas son visibles.

La aparición de cualquiera de ellas está relacionada con el tipo de material y los esfuerzos a los que se les someten. Las implicaciones del material se estudiarán más en profundidad en otro capítulo así que nos centraremos en los esfuerzos:

1.- Acciones mecánicas: Cuando se aplica una carga de forma directa sobre un elemento ésta producirá una deformación. Si la deformación no es asumible se producirá la aparición de fisuras y grietas. Suelen darse en estructuras no homogéneas, los esfuerzos se tienden a localizar en puntos concretos ya que los materiales más débiles pierden cohesión sobrecargando a éstos. Se dividen según la dirección de las cargas en:

- Verticales: pueden producir fisuras y grietas por tracción, compresión, flexión, pandeo o cortante.
- No verticales: las más comunes son las que se transmiten por alguna parte de la estructura, aparecen por transmisiones a través de superficies de contacto no horizontales. También aparecen en cubiertas inclinadas sin vigas horizontales de atado.

2.- Esfuerzos higrotérmicos: Todos los materiales en mayor o medida están sujetos a contracciones y dilataciones por efecto de variaciones de temperatura y contenido de humedad. Cuando estos cambios de volumen se ven impedidos se generan unas tensiones de compresión y tracción que pueden provocar la aparición de fisuras o grietas. Para evitar estos esfuerzos se deben prever soluciones que permitan el desplazamiento relativo, como las juntas de dilatación.

3.- Generadas por deficiencias en proyecto: Son los errores técnicos, los que se cometen en la fase de diseño. Pueden presentarse en multitud de situaciones, las más comunes suelen ser por la mala elección de material; el propio sistema constructivo a emplear en función de las características que queremos alcanzar y el entorno; por un mal diseño del propio elemento; y en general en la disposición constructiva refiriéndonos más en concreto a la situación de las juntas y sus distancias relativas.

4.- Generadas por deficiencias en los materiales o en ejecución: Los materiales constructivos deben llevar a obra con todas sus características mecánicas, físicas y químicas en el grado óptimo, el grado para el que ha sido diseñada la solución a la que van a formar parte. En caso contrario su resistencia mecánica puede verse mermada y por lo tanto no corresponderse con la de cálculo, dando como resultado deformaciones que pueden desembocar en grietas y fisuras. Tampoco se deben obviar los elementos prefabricados, ya que también durante su fabricación ha podido haber errores que produzcan esta merma.

Con el material en obra en perfecto estado y el diseño óptimo existe otro factor que puede condicionar el resultado, nos referimos a la ejecución. Las causas más comunes en la formación de esta lesión suelen ser:

- Fábrica: falta de relleno en juntas horizontales, produce merma de resistencia.
- Hormigón: mala colocación de las armaduras.
- Alicatado: carencia de llagueado y/o juntas de retracción.
- Detalles: juntas de espesor excesivo, falta de junta en los petos y deficiencias en su unión con la membrana impermeable, faltas de aplomado, dinteles de poco canto generando grietas en los extremos de cada dintel.

Desprendimientos:

Se definen como la separación incontrolada de un material de revestimiento y su soporte, aunque también se puede dar el caso de que sea el propio material de fachada el que se desprenda. Las principales causas que los originan suelen ser la deficiente elección del material de revestimiento para un determinado clima y/o defectos en el sistema de anclaje, como consecuencia se produce la separación de los acabados respecto a los elementos de soporte a los que están unidos.

Para poder clasificar los desprendimientos primero vamos a clasificar de forma general los tipos de acabados donde se pueden originar. Diferenciaremos los acabados continuos de los aplacados por elementos:

Los primeros están constituidos por morteros y pastas, y falla la unión entre el soporte y éstos, o bien entre una capa de mortero y la siguiente, suelen producirse por la aparición de esfuerzos rasantes debidos a dilataciones y contracciones higrótérmicas, o por la presencia de humedad o sales cristalizadas, que incrementan su volumen.

Los aplacados son sistemas donde el propio acabado llega prácticamente rematado a obra, lo único que se requiere es su sujeción que se puede ejecutar por adherencia continua o por cuelgue por puntas.

La primera posibilidad puede fallar cuando aparecen esfuerzos rasantes o por la presencia de humedad, la cual entra fácilmente por la gran cantidad de juntas existentes entre los elementos. Esto empeora porque en las plaquetas el material adhesivo no ocupa la totalidad de las mismas y además las juntas a hueso también facilitan el acceso de agua. Un diagnóstico sencillo se realiza al observar el reverso de la plaqueta, si está limpio evidencia un fallo del material de agarre, y si está manchado el fallo será del soporte.

En los sistemas de cuelgue los cambios de humedad o temperatura, o el arrancamiento por succión del viento pueden corroer los anclajes y provocar el desprendimiento de las piezas.

Analizados los acabados en los que se producen los desprendimientos vamos a profundizar en las situaciones que los pueden provocar según los sistemas:

- Pavimentos de madera: Las propias características higrotérmicas de la madera condicionan el sistema. Existirá un cambio dimensional constante en ella si no se vigilan las variaciones de humedad ambiental y en casos de contracción puede llegar a producir desprendimientos de los anclajes al rastrel.
- Pinturas: Por dilatación de los infiltrados que se pueden acumular produciendo la falta de adherencia, y caso similar cuando suciedades previas la empeoran. Según el soporte sea metálico, de madera o un mortero los posibles causantes varían desde la oxidación en metales o la humedad en maderas y morteros, todos éstos aspectos que se analizarán más en profundidad en otro capítulo.

Erosión mecánica:

La erosión es la pérdida del material en un elemento constructivo de forma superficial, provocada por acciones mecánicas entre las que distinguimos dos causas:

- Impactos y Rozamientos: Como consecuencia del uso continuo y habitual, provocan desconchones puntuales y desgastes en zonas accesibles, siendo más vulnerables las esquinas por su mayor nivel de exposición, lo cual exige soluciones que aporten mayor resistencia a las superficies.
- Acción Eólica: Es más notable en puntos altos y más expuestos de las fachadas como coronaciones o esquinas, donde el viento provoca una acción desgastante que erosiona el material.

En esta lesión existe un factor humano muy importante. Además del uso habitual y normal, como puede ser el desgaste del pavimento por su normal utilización se le suma las acciones de limpieza continuadas con agua y otros agentes limpiantes a menudo no recomendados. En fachadas también nos encontramos con mayor número de impactos e incluso limpiezas demasiado abrasiva para poder llevar a cabo la limpieza de grafitis o similares.

No debemos olvidar tampoco otros agentes causantes como los animales, plantas o microorganismos. La capacidad de las ratas para roer morteros, cables... el crecimiento de raíces que pueden penetrar a través de juntas o hendiduras...



Imagen 5. Erosión causada por acciones eólicas, lluvias y heladas

Causas químicas:

En este bloque englobaremos todas las lesiones en las que previamente se ha desarrollado una reacción química. Con el paso del tiempo estos procesos irán produciendo la descomposición del material y mermando su integridad, lo que hará que su durabilidad se vea altamente afectada.

Estableceremos cuatro apartados para su análisis según agentes causantes y lesiones provocadas:

Eflorescencias:

Se denominan eflorescencias a los depósitos de sales minerales solubles, generalmente de color blanco, que se depositan en la superficie de algunos materiales. Pueden ser transportadas por capilaridad a través de los materiales porosos y ser depositadas en su superficie cuando se evapora el agua relativamente rápido por efecto de la temperatura. Cabe la posibilidad de que la cristalización se produzca en el interior del material, en este caso recibirá el nombre de criptoeflorescencia.

Los materiales susceptibles a este tipo de lesión son los más porosos o con texturas más abierta, y con cierta absorción de agua como ladrillos, tejas, pisos cerámicos u hormigón. El agua es el principal vehículo de estas sales, así que analizando sus fuentes y el tipo de material podremos controlar la aparición de las eflorescencias.



Imagen 6. Eflorescencias en la piedra y enfoscado de mortero de cemento

Parece de gran importancia conocer los tipos de sales que pueden producir eflorescencias para saber así los factores propios de cada una de ellas, y como poder evitarlas, por esto comenzaremos con unas pinceladas de las más comunes:

- Sulfato cálcico: aun encontrándose en alta proporción en la arcilla y piedras sedimentarias es una sal que apenas interviene en la aparición de la lesión. La causa es su baja solubilidad, pero no se debe olvidar la posibilidad de que combinándose con otras sustancias, como el magnesio pueda tornarse soluble.
- Sulfato magnésico: es una de las sales más peligrosas por su alta solubilidad y expansión al cristalizar. Se suele encontrar presente en las zonas más altas de los bordes floridos de las humedades ascendentes, donde habrá que prestar mayor atención.
- Sulfato potásico: suele presentarse acompañada de sulfatos de sodio y cálcicos. Tiene la característica de formar capas cristalinas en la superficie de considerable dureza lo que dificulta su eliminación.
- Sulfato sódico: forma una eflorescencia bastante común en las fábricas de cara vista, pero en su favor podemos decir que su limpieza suele ser bastante sencilla aunque tampoco hay que obviar las presiones que origina pudiendo producir roturas del material.
- Sulfato de hierro: pueden aparecer en las juntas por la transformación de las sales de hierro en óxido férrico al interaccionar el oxígeno con la cal.

- Sulfato de vanadio: son fácilmente reconocibles por su color verduzco o pardo amarillento y su origen suele estar en las materias primas o en combustibles.
- Carbonato cálcico: produce manchas de color blanco claro en piedras calizas por ser ésta su principal componente, requerirá de la presencia de aguas con altos contenidos en dióxido de carbono y anhídrido carbónico.
- Cloruros: aparecen en edificaciones cercanas al mar. Pueden provocar daños también en las estructuras de hormigón ya que es capaz de disminuir su pH y producir presiones internas debido al cloro presente en su fabricación que se torna a ácido clorhídrico por efecto del agua.
- Nitratos: actualmente no son habituales ya que requieren la presencia de aguas fecales, no obstante pueden aparecer en edificios muy antiguos.
- Carbonatos de sodio y potasio: aun siendo sales poco solubles hay que prestarles especial atención en zonas industriales con humedades entre el 50-70%, y no olvidar su capacidad para transformarse en sulfatos y los riesgos que ellos conllevan.

También es interesante conocer el origen de estas sales, qué materiales las pueden contener y en qué medida, y también la posibilidad de que sean los agentes externos los que las aporten:

- Materiales: pueden contenerlas de forma natural como las piedras sedimentarias, o ser añadidas en su proceso de elaboración. Encontramos sales en los ladrillos en forma de sulfato de calcio de forma natural, pero también la temperatura de cocción es influyente en la presencia de sales, así el sulfato magnésico también presente se acaba descomponiendo.

Por otra parte los subproductos como los conglomerados, la cal o el cemento Portland se verán condicionados por el tipo de árido que los forma. Los áridos procedentes del mar poseen sales en una cantidad considerable, al igual que las que los que contengan arcilla, aspecto que debe ser controlado en su producción.

- Por degradación del material: los principales agentes que los agreden son los que provienen de la actividad industrial, de la combustión de motores y por emisiones de los combustibles.

La mayor presencia de dióxido de carbono aumenta la disolubilidad del carbonato cálcico convirtiéndolo en bicarbonato cálcico, y también la presencia del dióxido de azufre producirá ácidos sulfurosos y sulfúricos incrementando también la solubilidad de otras sales.

- Fuentes exteriores: los materiales de agarre pueden ser una fuente de sales para el propio material, los morteros en fábrica, colas en aplacados....Otra fuente importante es el propio terreno, principalmente aportando nitratos y sulfatos, que suelen formar eflorescencias blanquecinas en la parte exterior, pero también pueden formar criptoeflorescencias con el correspondiente riesgo. No hay que olvidar los propios agentes atmosféricos como vehículos de la polución que puede estar presente en la atmósfera, como anteriormente ya se ha comentado.

Oxidación y corrosión:

Las reacciones químicas que se producen en un material por la acción del oxígeno producen estos dos tipos de lesiones. Aunque son diferentes se producen en condiciones similares y siempre relacionadas en el tiempo.

En la oxidación el material reacciona con el oxígeno creando una capa de óxido que será más estable a futuros ataques por quedar el metal bajo la superficie. Existen varios factores que condicionan el avance del óxido, entre los más importantes tenemos la presencia de humedad, que lo va a favorecer, y las propias características intrínsecas de la capa de óxido, su porosidad, adherencia...

La corrosión además de la reacción química, implica un paso de corriente eléctrica. Supone una pérdida de material metálico a partir de una pila electroquímica que se forma entre dicho elemento metálico y otro material próximo. Suele aparecer como consecuencia de un proceso de oxidación-reducción y afecta a todos los metales. La principal característica de este fenómeno es el incremento de volumen que sufren los metales, veremos nefastos resultados cuando estos metales se encuentren en el interior de otros implicando fisuras e incluso roturas en el envoltorio, un claro ejemplo se da en el hormigón armado. Variantes en corrosión:

- Por oxidación: cuando existe una oxidación previa.
- Aireación diferencial: Aparece en zonas de humedad continua, continuas a otras de secado más fácil, como resultado las húmedas se corroen.
- Inmersión: Aparición de hidróxido que se disuelve en función del Ph del agua, perdiéndose material. No es una destrucción del material, sino que es una disolución en el agua.
- Par Galvánico: es un tipo de corrosión puntual. Ocurre cuando se ponen dos metales de potenciales diferentes en contacto, o sin contacto físico pero con algún vehículo que lo pueda transportar como el agua. El metal de más alto potencial actuará de cátodo atacando al de menor que actuará de ánodo.

- Intergranular: se produce por errores en el proceso de fabricación dando lugar a la separación del metal en cristales individuales. Es la única que puede afectar a los aceros inoxidables.

Erosión química:

Son las reacciones químicas que se producen entre el material y los agentes contaminantes que se encuentran en la atmósfera, que además de producir la alteración molecular de éste, producen una paulatina pérdida de masa.

En la superficie de la piedra, gracias a una serie de reacciones químicas relacionadas con el carbonato cálcico, se forma una superficie de porosidad menor, mayor densidad y por lo tanto mayor dureza. Esta capa protectora se conoce como pátina. Con el incremento de la polución en los tiempos actuales se forman otros tipos de superficies, ya no de características protectores, sino todo lo contrarios, así encontramos:

- Costras: se forman por un proceso similar a la pátina, pero la presencia de sulfatos en su composición provoca la exfoliación en la piedra, y pérdida de material. Su coloración suele ser oscura por la propia suciedad del aire.
- Ampollas: como consecuencia de las costras.
- Disgregación: formación de arena por pérdida de cohesión en el material.

Los principales agentes contaminantes que producen estas reacciones son:

- Dióxido de carbono: ataca a los materiales cuyos principales componentes son el carbonato cálcico y el carbonato magnésico. Actúa acidificando las aguas favoreciendo las reacciones químicas. Su resultado final es la disgregación de los granos más finos, lo que incrementa la porosidad del material haciéndolo más vulnerable a posibles ataques.
- Dióxido de azufre: llega a convertirse en ácido sulfúrico gracias a reacciones en la atmósfera, éste es muy reactivo, de ahí el gran peligro de su presencia. Provoca a través de reacciones costras blancas y pulvurentas que acaban generando la disgregación del material.
- Dióxido de nitrógeno
- Cloruros: producen cristalización en superficie.
- Fluoruros: atacan a los componentes silíceos y a algunos granitos.
- Agua pura: puede atacar a los hormigones con formación de costras que tienden a desprenderse y a erosionar la superficie.

- Álcalis del cemento: produce expansiones volumétricas, disgregaciones y roturas del material.
- Organismos: aunque poco frecuentes debemos tenerlos en cuenta ya que pueden interactuar con el material de manera química. Las variantes que nos podemos encontrar son los microorganismos, líquenes o residuos depositados por animales.

Procesos bioquímicos:

Se producen debido al asentamiento incontrolado de organismos vivos en los paramentos de nuestras edificaciones. Aunque también pueden tener una acción claramente física o mecánica, interviene también un proceso químico importante.

Según el tipo de organismo que se presente, distinguimos:

- Animales: algunos ejemplos claros pueden ser los excrementos de aves, roces y mordeduras de animales doméstico...Centrándonos en los de menor tamaño aparecen los insectos, destacando los xilófagos que se alimentan de la madera.
- Plantas: su asentamiento en elementos estructurales, la aparición de raíces... producen deficiencias en las soluciones constructivas afectadas.
- Hongos: crean colonias en materiales porosos y zonas poco soleadas y ventiladas. Producen humedades, crean malos olores y segregan ácidos perjudiciales. Diferenciamos también los hongos de pudrición (blanca, blanda y parda) que destruyen la madera.

2.1.2.Alteraciones y causas según el tipo de material

A continuación se analizarán de una forma más particular las posibles causas de las lesiones y sus alteraciones, centrándonos en su relación directa con el tipo de material que los sufre. Destacaremos los materiales pétreos, cerámicos y las maderas.

Materiales pétreos:

Alteraciones específicas:

Se producen diferentes tipos de cambios en las piedras que afectan tanto a su color, composición química, texturas y acabado estético. No todas ellas producen daños irreparables, sino que simplemente pueden mostrar la acción del entorno actuando sobre el material, a través de su estudio y diagnóstico valoraremos su peligrosidad.

- Pátinas: Formación de películas delgadas que producen un cambio de coloración en su superficie y no implican necesariamente el deterioro del material.
- Eflorescencias
- Depósitos superficiales: se producen por la acumulación de partículas en la superficie. Existen multitud de variables según el tipo de depósito, variando su adherencia, color...
- Alveolizaciones: son cavidades de forma globular de tamaño centimétrico, donde se pueden acumular partículas productoras de otras lesiones secundarias.
- Escamas: láminas de espesores de 1 milímetro que pueden desprenderse produciendo la descamación de la superficie.
- Costras: se desarrollan en capas compactas y pueden superar el milímetro.
- Ampollas: derivan de escamas y costras que se abomban pudiendo llegar a eclosionar y despegarse de la superficie.
- Descamaciones: por el desprendimiento de escamas, y en el caso de que los desprendimientos afecten a zonas de mayores dimensiones las denominaremos desplazaciones.
- Disgregaciones: se producen por la pérdida de cohesión del material, produciendo desprendimiento de partes de la piedra.
- Picaduras: son pequeños oquedades derivadas de la erosión en las partes más atacables del material.
- Acanaladuras: cuando estos orificios tienen forma de canal, generando una apariencia ondulada. También, según su forma, definimos la estriadura.
- Fisuras y grietas: lesiones longitudinales que implica la separación del material, variando la superficie afectada y espesor.
- Erosión: implica una pérdida de volumen del material modificando así su geometría inicial.

Causas específicas:

Comenzaremos con una clasificación general de las causas de alterabilidad en este tipo de materiales. Haremos dos bloques, en función de las causas inherentes a la propia naturaleza de la piedra, y a los factores ambientales y de entorno que podemos encontrar en toda construcción.

1.- Debidas a la naturaleza de la piedra: Se producen debido a reacciones que tienen lugar en el interior del material, de los propios minerales que lo componen. Hay que tener en cuenta las características de cada material, en función de su mineralogía, propiedades físicas, hídricas, composición química... ya que todas ellas influirán de manera determinante en los procesos de degradación. Los más comunes se deben a:

- Compuestos de óxido de hierro: En algunas piedras, mármoles, calizas, areniscas o pizarras se encuentran estos compuestos que por acción de la humedad del entorno, tornan a un óxido de hierro hidratado que incrementa su volumen generando fisuras y grietas.
- Compuestos piritosos: Se encuentran en lugares más puntuales de las piedras del grupo anterior. Su acción es similar pero además en su relación con el ambiente forman también ácido sulfúrico. También producen un incremento de volumen y cambio en la coloración hacia ocre y rojizos. En calizas y mármoles provoca acciones agresivas y en las pizarras desemboca en una disgregación total del material.
- Caolinización y cloritización: Se produce en los materiales que contienen micas y feldespatos, por ello nos centraremos en los granitos. La caolinización disgrega los feldespatos, lo que se conoce como arenización de los granitos; y la cloritización a las micas, liberando óxido de hierro que acabará hidratándose con sus inconvenientes ya descritos.

2.- Debidas al entorno: Tendremos en cuenta todos los agentes que intervienen en los distintos procesos que se pueden desarrollar en las piedras. Estudiaremos la acción del agua, principal agente, de las sales solubles que transporta, organismos vivos, y los contaminantes que se encuentran en la atmósfera.

- Factores químicos: La peculiaridad de estos materiales es que son heterogéneos, por lo que su superficie no responde de la misma manera a los ataques que pueda sufrir. La disolución, uno de los principales problemas, afecta de diferente manera produciendo acabados desiguales que se hacen más inestables y acaban desprendiéndose. Este problema se agrava con la presencia de ciertos óxidos y otros compuestos en el agua, ya que aceleran el

proceso de disolución. Ya describimos todos ellos en el capítulo de agresiones químicas, por lo que sólo los citaremos y relacionaremos con sus lesiones típicas.

- Óxidos de azufre: forman costras derivando en descamaciones o desplazaciones, o ampollas que pueden influir en la exfoliación de la superficie.
 - Óxidos de carbono: producen la caolinización y una disolución mucho más agresiva del agua que desemboca en una desintegración superficial.
 - Compuestos de nitrógeno: forman depósitos en la superficie del material y producen amoníaco a través de reacciones químicas, el cual resulta muy agresivo para las rocas.
 - Cloruros y fluoruros: disuelven el material y forman sales, produciendo alveolización y la disgregación arenosa.
 - Compuestos orgánicos volátiles: pueden formar costras y pátinas negras.
 - Partículas sólidas: participan en el ensuciamiento.
 - Cristalización/hidratación de sales solubles: son los causantes principales de las eflorescencias, también producen costras y pátinas.
- Factores físicos: Los principales agentes que intervienen en este tipo de procesos son el viento, el hielo con sus ciclos de hielo-deshielo, las vibraciones producidas por temblores y la temperatura por las tensiones que puede desarrollar.
- Viento: produce erosión, abrasión y desgaste por la acción mecánica que producen las partículas que transporta sobre los paramentos. Su mayor acción se produce en las zonas más expuestas, que suelen ser las zonas superiores.
 - Ciclos hielo-deshielo: el cambio de estado del agua líquida a sólida implica un incremento de volumen de un 9%. Cuando el agua penetra en los poros y fisuras y se combina con temperaturas bajas, ésta cambia

de estado y produce tensiones en el material que derivan en roturas del material.

- Vibraciones: sus efectos varían según la frecuencia de las ondas vibratorias y de la masa y forma del objeto. A mayor rigidez del material mayor será la transmisión de éstas ondas, así los materiales elásticos tendrán una mayor capacidad de absorción evitando sus consecuencias. Son típicas las grietas con forma de "x".
 - Temperatura: los cambios térmicos que experimentan los materiales acarrear cambios dimensionales, tanto dilataciones como contracciones, que serán los responsables de fisuraciones, grietas e incluso roturas. Existen muchas variantes que determinan la agresividad de estos efectos, la propia del material en cuanto a su grado de anisotropía por diferentes coeficientes de dilatación, el grado de exposición a la temperatura, zonas soleadas o en sombra, y la velocidad en que estos cambios se producen.
- Factores biológicos: Englobamos aquí la acción de microorganismos, algas y musgos, líquenes, plantas y árboles e incluso animales de tamaño considerable. En algunos casos tienen una acción directa como los animales, que atacan de una manera mecánica a la superficie, pero también combinan una acción química por sus excrementos. También directa es la acción de los árboles y plantas en cuanto a sus raíces, que por acciones mecánicas pueden generar fisuración. Los microorganismos pueden generar costras negras por su ataque químico, e incluso llegan a penetrar varios centímetros en el interior del material por lo que se valorará su ataque también en profundidad. De los líquenes y algas destacamos la formación de pátinas biogénicas y costras, centrándonos en su alta peligrosidad por formarse en zonas internas no produciendo ninguna manifestación exterior.

Maderas:

Alteraciones específicas:

Clasificaremos las causas de alteraciones de la madera en dos grandes grupos en función al momento en que aparecen. Así tendremos alteraciones propias y adquiridas en obra.

1.- Alteraciones propias: Son las alteraciones que se producen en la uniformidad durante el crecimiento, y pueden llegar a significar la inutilidad de la madera. Se citarán y describirán los de más frecuente aparición en construcción:

- Acebolladuras y colainas: aberturas curvilíneas entre los anillos del tronco.
- Fendas: grietas longitudinales, en dirección de las fibras.
- Atronaduras: son fendas de helada en dirección radial, pueden llegar a recubrirse con el crecimiento.
- Agallas: son bolsas de resina que aparecen entre los anillos dificultando la aplicación de la protección superficial e incluso produciendo exudados.
- Crecimiento irregular: puede provocar excentricidad, exceso de fibras...
- Corazón partido: aparición de grietas radiales que afectan al corazón y a la albura.
- Doble albura
- Excentricidad de corazón: produce diferencias de anchura entre los anillos anuales.
- Grietas: son aberturas de diferentes tipos debidas a defectos de secado, cambios de humedad o congelación. Disminuye la durabilidad de la madera.
- Nudos: son discontinuidades estructurales de la madera por crecimiento de ramas. Las reglas de buena conducta limitan su diámetro en 16mm. Se diferenciarán entre nudos muertos, perteneciente a una rama muerta, o vivos, ramas vivas con fibras de continuidad en el tronco.

Las agallas o nudos muertos se deben retirar, para la madera que vaya a ser pintada, y rellenar con tacos. Es una operación laboriosa, así que dependerá del número de irregularidades.

Otras alteraciones propias, antes de la puesta en obra, son las producidas por secados defectuosos. Cuando la madera pierde agua con mucha rapidez se producirán retorcimientos en las partes exteriores. Con un sistema de secado lento

y homogéneo que consiga humedades en torno al 17-22% se disminuye además el riesgo de ataques de hongos o agentes xilófagos.

Aun teniendo en cuenta estas condiciones y realizando un secado correcto, la madera seguirá viéndose alterada por las variaciones de humedad del entorno. Una práctica correcta será la de elegir maderas cuyos movimientos de origen hídricos sean lo más reducidos posibles al igual que la anisotropía de sus fibras.

2.- Alteraciones adquiridas en obra: Son multitud los agentes que pueden alterar a la madera durante su vida en la obra. Todos ellos pertenecen a dos grandes grupos: los agentes abióticos y los agentes bióticos.

2.1.- Agentes abióticos

Este tipo de agentes son todos los que no se pueden considerar organismos vivos y pueden causar alteraciones en la madera. Principalmente englobaremos los relacionados con los agentes atmosféricos, como el agua, temperatura, luz solar... y la acción del fuego.

El agua es un factor directamente relacionado con la estabilidad volumétrica de la madera. Las características higroscópicas de ésta varían en función de la especie y de la zona del árbol. Este aspecto y la condición anisotropía que posee producen una serie de irregularidades que provocan tensiones diferenciales, deformaciones, revirados y el agrietamiento en las piezas.

Existen ciertas técnicas que tienen como objeto el de minimizar las deformaciones producidas por la diferencia entre las hinchazones o contracciones radiales y tangenciales. La primera sería enfocada a secados con un gran nivel de control apropiado al uso, también impregnaciones a base de soluciones de resinas o revestimientos superficiales en piezas que den al exterior.

La acción de la radiación ultravioleta produce alteraciones cromáticas y el envejecimiento general de las maderas colocadas al exterior. Existe una alteración cromática, amarilleado, por la oxidación fotoquímica de la lignina que acaba en un tono grisáceo característico.

Otra acción del sol es la fotodegradación de lignina que conlleva un aumento de la higroscopicidad y un desfibrado por la falta de ligazón que produce la afectación de la lignina.

La radiación infrarroja también la deteriora con agrietamientos y rajados que producen fendas en la superficie. En este resultado también participan los ciclos térmicos, la juventud de la madera y la porosidad.

Para evitar el envejecimiento se usan pinturas y barnices capaces de filtrar los rayos UV e impedir el lavado del agua.

El ataque del fuego a la madera produce combustión cuando se alcanzan aproximadamente los 300 grados. Las variaciones las produce la densidad y el grado de humedad en ese momento, por lo que las diferentes especies se comportarán de manera diferente.

El efecto que se produce es la carbonización de las capas internas ya que su bajo coeficiente de dilatación y de conductividad térmica impide que el calor se propague al núcleo, conservando así sus facultades mecánicas. Existe un peligro asociado cuando la combustión es incompleta ya que el proceso puede continuar sin llama formándose carbón vegetal y posibilitando una reanudación posterior.

2.2.- Agentes bióticos

Son organismos vivos que viven gracias a costa de los elementos leñosos. Su ataque se puede producir antes de la colocación en obra o durante la vida del elemento. Los agentes más dañinos son los hongos y los insectos. A continuación describiremos los diferentes tipos que nos podemos encontrar y de qué manera dañas la madera.



Imagen 7. Deterioro de la madera producido por hongos y humedad

2.2.1.- HONGOS: Los hongos son parásitos, requieren de otros organismos para poder sintetizar sus alimentos. Se alimentan de la lignina o la celulosa (según especie) presentes en la madera y según las condiciones ambientales en que se encuentre el elemento el ataque será de diferentes características.

La temperatura, el grado de humedad, la presencia de radiación solar y el oxígeno son factores determinantes. Así de modo general podemos fijar una serie de condiciones que debemos evitar, o minimizar, para controlar de una manera pasiva la aparición de estos organismos.

- La temperatura: a partir de los 3-5 grados su aparición ya es posible, pero entre los 23 y 30 se encuentra la temperatura óptima, disminuye luego hasta llegar a los 50 donde prácticamente ya es imposible.
- Grado de humedad: deberá ser superior al 18-20%, salvando alguna excepción, para que puedan prosperar. Pero tampoco pueden tolerar estados saturados, de este modo la madera sumergida sería inmune a su ataque.

- Radiación solar: la incidencia de la radiación UV ejerce como un agente fungicida.
- Oxígeno: requieren su presencia para poder proliferar.

Se suelen clasificar en función del tipo de ataque que producen a la madera, así diferenciaremos los Cromógenos de los de Pudrición. El ataque de los cromógenos es superficial alterando su aspecto externo, y el de los de pudrición es un ataque profundo donde también se diferencia los de pudrición parda o los de pudrición blanca.

2.2.1.1.- Hongos cromógenos:

Su ataque se produce tanto en coníferas como en frondosa, pero las coníferas son más sensibles a su ataque. Se alimentan de las sustancias de reserva de la madera pero no existe un daño en profundidad ya que sus hifas se valen de los propios orificios naturales sin atravesar las paredes celulares. Ésta es la razón por la cual no hay una merma significativa de la resistencia mecánica.

Su aspecto más significativo es la coloración que producen de forma superficial en la madera, pero no se debe olvidar que su presencia suele predecir la aparición de los hongos de pudrición, tanto por evidenciar un entorno propicio como por el incremento de permeabilidad que producen en la pieza.

Existen multitud de especies así que nombraremos las más comunes:

- Azulado en coníferas: las produce los ascomicetos (género Esferiáceos). Tras el ataque presenta una albura azulada extendiéndose de forma radial. El cuerpo es negro de aproximadamente 1 mm. de longitud en forma de cuello alargado.
- Pasma del haya: ascomicetos (género Xylaráceos). Aparece en las frondosas recién cortadas, pasmadas y con pudrición blanca. El cuerpo son masas de estroma granulosa por el exterior y amarillo verdosa por el interior. Al aparecer en maderas recién cortadas el tratamiento preventivo ha de ser inmediato.

2.2.1.2.- Hongos de pudrición:

Afectan negativamente a los componentes de la pared celular de la madera, reduciendo su resistencia físico-mecánica.

Los hongos de pudrición blanca se alimentan de hemicelulosas y de lignina, decomponiéndola y formando un compuesto blanquecino, no uniforme y sin ninguna capacidad resistente. Las maderas más atacables son las frondosas, y en especial las tropicales, debido a una mayor cantidad de lignina en su composición.

Dentro del género de los Xylaráceos, la especie Hypoxylon Grev. Produce pudrición blanca y esponjosa en las frondosas recién cortadas. El cuerpo semeja las astas de un ciervo y las hifas y el micelo forman una masa blanca.

Los hongos de pudrición parda se alimentan de la celulosa de las paredes celulares, la descomponen y el compuesto resultante tiene un color parduzco. Son más atacables las coníferas por su mayor proporción de celulosa.

Existen unos subtipos dentro de los hongos de pudrición parda:

Los llamados de pudrición seca atacan la madera seca ya que puede transportar agua a través de los cordones micelares a cualquier parte de la madera, ésta es la razón de que sean tan peligrosos ya que atacan incluso a maderas protegidas.

Los de pudrición blanda aparecen en maderas sometidas a altos grados de humedad, se produce un reblandecimiento desde el exterior hacia el interior de la pieza, siendo evidente sólo cuando el estado del ataque ya es irreversible. Si posteriormente se seca la madera se producirán fendas y fisuras ya que la pared celular ha desaparecido.

En el género de los Meruláceos encontramos la *Coniophora Puteana*, una especie muy dañina que produce una pudrición parda cúbica. Se inicia con una decoloración, manchas y líneas de color marrón amarillento. El cuerpo de fructificación son membranas planas delgadas y redondeadas que se adhieren a la madera con una tonalidad amarillo crema en el centro con bordes más claros.

La *Serpula Lacrymans* Lange produce una pudrición parda seca. Produce masas que se separan de un color ceniciento. El cuerpo varía en formas y tonos del gris pálido al ocre rojo.

En la siguiente tabla se recogen algunas especies de hongos que pueden presentarse en las maderas, y una pequeña valoración de su importancia:

TIPO DE PUDRICIÓN	ESPECIE DE MADERA	ESPECIE DE HONGO	IMPORTANCIA DE LA PUDRICIÓN
Blanca	Frondosa	Sylaria hypoxylon Grev. Eutypa flvo-virencens Fr. Stereum hirsutum Willd.	Escasa Escasa Media
Blanca	Frondosas y coníferas	Schizophyllum commune Fr. Polystictus versicolor Fr.	Escasa Media - Escasa
Parda Seca	Frondosas y coníferas	Merulius lacrymans Wulf.	Muy alta
Parda húmeda normal	Frondosa	Lenzites betulina Fr. Daedalea quercina L.	Escasa Escasa
Parda húmeda normal	Conífera	Lentinus lepideus Fr. Lenzites abietina Bull. Lenzites sepiaria Wulf.	Alta Escasa Alta
Parda húmeda normal	Frondosas y coníferas	Coniophora cerebella Duby. Poria vaillantii Fr.	Muy alta Muy alta
Parda húmeda blanda	Frondosas y coníferas	Chaetomium globosum Kunz. Cephalosporium acrononium Cord.	Alta Escasa

2.2.2.- INSECTOS XILÓFAGOS: Este tipo de insecto se sirve de las sustancias nutritivas de la madera para lograr su supervivencia. Se alimentan, según la especie, de la albura y/o duramen, y se reproducen continuando así su ataque generación tras generación.

Otro tipo son los parásitos, que no se alimentan de la madera pero sí de las larvas que allí anidan. También aparecen los moradores, que tampoco se alimentan de ella pero sí la utilizan para la creación de sus nidos aprovechando maderas normalmente en descomposición.

Para poder localizar e identificar las especies que se encuentran en la madera se llevará a cabo una inspección visual, según el aspecto externo que presente. Otro modo es identificar las larvas o incluso el insecto ya adulto.

Dividiremos los insectos xilófagos en dos grandes grupo, los coleópteros y los isópteros:

2.2.2.1.- Coleópteros: Son insectos que vuelan y ponen sus huevos en los poros y en las grietas de la madera. Los mayores daños son provocados por las larvas que excavan galerías en el interior del material en obra. Una vez adultos, tras la metamorfosis perforan la madera para salir y aparearse. Algunos ejemplos:

- Carcomas: atacan a maderas secas tanto de coníferas como de frondosas alimentándose de la celulosa presente dejando las piezas con una consistencia crujiente y pudiendo incluso desaparecer su capa externa. Trazan galería en diversas direcciones de sección circular con muchos agujeros de salida. Las

larvas son blancas, gruesas, arqueadas y vellosas en la parte anterior del cuerpo, y los adultos son oscuros cilíndricos de entre 2 y 10 mm. Su ataque es muy destructivo.

- Barrenillos: atacan a maderas húmedas y tropicales de frondosas. Los túneles parten de la galería materna, totalmente limpia de serrín, y se realizan en sección circular de diámetros entre 1 y 5 mm. Las larvas son blancas y encorvadas, siendo el adulto de color pardo oscuro o negruzco con apariencia de capuchón sobre la cabeza cubierta de protuberancias. Atacan a la madera verde.
- Longicornios: Atacan a la madera de coníferas secas, aunque también pueden darse casos en frondosas. Presentan grandes orificios de salida de 6 a 8 mm. de forma oval formando túneles de sección irregular y dirección longitudinal. Las larvas son blanco pálido, gruesas y presentan anillos protuberantes sin presencia de pelos. Los adultos tienen entre 15 y 20 mm., son oscuros con cuerpo aplastado. Su ataque es muy destructor.
- Gorgojos: eligen maderas húmedas y debilitadas por hongos. Las galerías son circulares con presencia de serrín y no suele ser frecuente el ataque en maderas ya puestas en obra.
- Escarabajos de ambrosía: atacan maderas frondosas verdes o recién cortadas por su alto contenido de humedad. Las galerías aparecen en la corteza interior y parten de la galería materna en agujeros de 1 a 3 mm. Su ataque es superficial.
- Polillas de la madera: atacan maderas de frondosas y tropicales secas con vasos de gran tamaño. Las larvas tienen forma de cuerno presentan pelos en el dorso, patas poco visibles y pequeños agujeros en su borde ventral, una vez adultos son planos y delgados de 2 a 6 mm. y de color marrón. Son frecuentes y tarimas y parqués presentando galerías con un polvo finísimo.

2.2.2.2.- Isópteros: También conocidos como termites son insectos que anidan en la tierra e incluso pueden hacerlo alejados del edificio. Trazan multitud de galerías longitudinales produciendo en la madera una apariencia de hojaldre.

- Termitas: la especie más común es la del *reticulitermes lucífugus*, su ataque es también el más dañino y peligroso. Anida en el suelo y construye túneles aéreos hasta llegar a la madera. Las galerías tienen un trazado longitudinal y

limpias de serrín, lo único que respetan es la capa superficial para así protegerse de la luz.

- Los huevos son similares a los de las hormigas y los adultos también presentan similitudes pero con un cuerpo blanco, casi transparente. En su época alada cuentan con cuatro alas iguales.

2.1.3. Análisis de los procesos patológicos. Diagnóstico y tratamiento

Para poder realizar con éxito un tratamiento sobre cualquier tipo de material se debe comenzar por un estudio exhaustivo de los procesos de alteración que hayan podido padecer. Una vez realizada esta etapa, conocida como diagnóstico, se evaluarán los resultados para poder diseñar el tratamiento adecuado.

Estudiaremos los materiales pétreos, cerámicos y maderas de un modo independiente, ya que tanto alteraciones como tratamientos serán diferentes.

Pétreos

1.- Diagnóstico: El fin de la diagnosis es definir el estado del material a estudio. Se llevará a cabo por medio de estudios realizados in situ, y estudios en laboratorio. Clasificaremos los factores que influyen de una manera negativa en las piedras y a continuación trataremos de proponer métodos de actuación que los eliminen, o al menos limiten a valores tolerables.

Las características del entorno pueden generar situaciones desfavorables para este tipo de material, tales como:

- Climatología: aspectos a tener en cuenta en el estudio serán, por ser perjudiciales, zonas donde existan heladas, cambios bruscos de temperatura, orientaciones norte, zonas de fuerte exposición al viento.
- Contaminación: a tener en cuenta en zonas industriales, de usos de pesticidas y abonos... que pueden transportarse por el viento.
- Factores antrópicos: la presencia o no de población. En caso de ausencia por falta de mantenimiento, y en zonas con acción humana por posibles actos vandálicos, orines...

Ha de ser evaluado el propio estado en que se encuentra la construcción. La escasa o total carencia de mantenimiento, estudiar posibles actuaciones posteriores y su evolución.

También se debe conocer el tipo de uso, a nivel higiénico, ya que aspectos como la ventilación interior influyen de una manera directa en posibles apariciones de humedad en los paramentos interiores con posible migración de sales al exterior causando eflorescencias. Posibles sustituciones o retiradas de canalones o

bajantes pluviales, que creen zonas de escorrentía, el reconocer la causa subsana directamente el problema.

A continuación estudiaremos la lesión directamente, las clasificaremos de una manera esquemática y las relacionaremos con sus causas más probables haciendo así la labor de reconocimiento más clara.

- Grietas y fisuras evaluando su estabilidad mecánica: las incluiremos en un registro de lesiones de tipo estructural y diferenciaremos si se deben a la fábrica o a su relación con el subsuelo.
- Humedades: los aspectos a tener en cuenta serán la distribución que tienen a lo largo de los muros y su situación, como se relacionan con la orientación cardinal y con el diseño constructivo del que hayan sido objeto y las diferentes fuentes generadoras de humedad a las que están expuestas.
- Otras alteraciones: se analizará su forma, magnitud, la propia composición química del material para conocer los agentes exógenos que hayan podido alterarla.

2.- Tratamiento: Con la etapa de diagnosis concluida y con todos los datos estudiados se diseñará el tratamiento a llevar a cabo.

2.1.- Tratamiento antihumedades:

2.1.1.- Electro-ósmosis activa: El fin de este tratamiento es el de hacer descender el agua hacia el subsuelo. La instalación queda totalmente oculta, no utiliza productos químicos y no afecta, de manera estructural, al edificio.

Se provocará un cambio de polaridad del suelo/pared, para ellos un cuadro eléctrico de control permanente manda impulsos eléctricos desde el electrodo a la toma de tierra desplazando el agua hacia la masa, el terreno.

Se coloca el electrodo positivo (ánodo) ayudándose de unas rozas de 3 a 5 cm. de profundidad, realizadas en el muro. Se recibe con un mortero de especial conductividad y adhesión aprovechando las juntas. El electrodo negativo (cátodo) se coloca en el subsuelo, bajo el pavimento.

Este método prácticamente no requiere mantenimiento, ya que se garantiza por diez años. De todas formas hay que tener en cuenta que el cátodo se encuentra conectado constantemente a la red con el deterioro que ello implica.

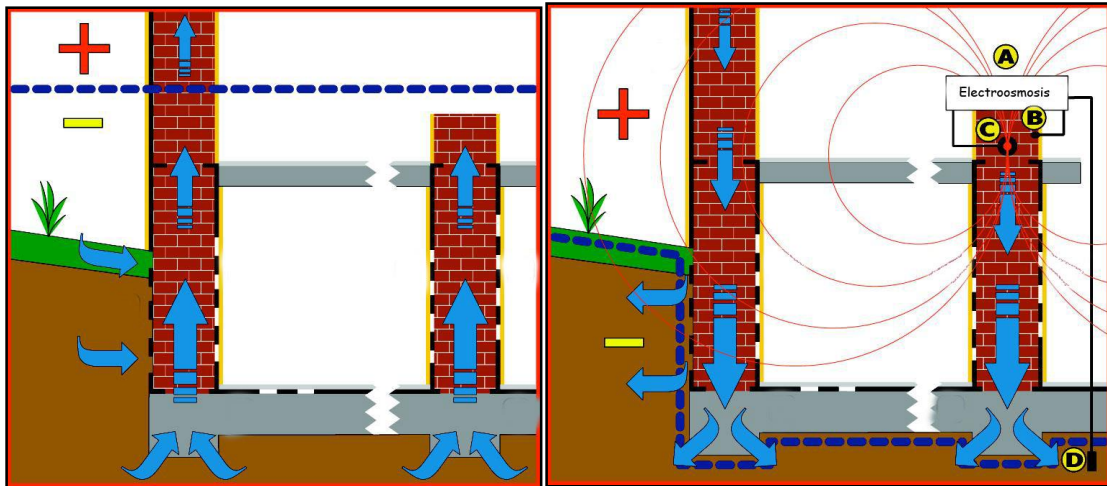


Gráfico 1. Demostración gráfica del cambio de polaridad

2.1.2.- Cámaras de ventilación: Consiste en la construcción de una cámara bufa en el arranque del muro permitiendo la respiración de éste y evitando el contacto directo con el terreno.

Otra opción es la de interponer una impermeabilización en todo el arranque y un sistema de drenaje para evacuar el agua que se estancaría.

2.1.3.- Revestimientos hidrofugantes: Este tipo de revestimientos permiten la respiración del muro, la humedad que arrastra las sales se absorbe por el mortero, se evapora y difunde en forma de vapor de agua. Son morteros de alta porosidad, hidrófobos y con una buena permeabilidad al vapor de agua. De esta manera las sales no se manifiestan en el muro al no cristalizar en la cara exterior.

2.1.4.- Electrofóresis activa (tratamiento de sales): El fundamento de este método se basa en las cargas positivas o negativas que contienen los iones. Estos iones son las propias sales disueltas en el agua que discurren por los capilares procedentes tanto del subsuelo como del propio material de construcción.

Si se aplicamos electrodos en el muro y los alimentamos con corriente continua, ésta fluirá del electrodo positivo al negativo poniendo a los iones en movimiento. Los positivos se desplazarán hacia los negativos y viceversa, así los aniones serán recogidos por el electrodo positivo y se depositarán las sales en su interior.

Los electrodos tienen un cuerpo cilíndrico y un diámetro de unos 34 mm., los conforman un núcleo sintético envuelto por una membrana semipermeable. Pueden recoger hasta 0,5 kg. de sales, y al estar saturados han de reemplazarse.

Su cuantía irá en función del porcentaje de salinización de la mampostería, pero como norma se suelen instalar cada 50 cm. de separación, en diámetros de 35 mm. y profundidades en torno a los 45 cm.

El electrodo negativo suele ser de banda plana, como en la electro-ósmosis activa, o de varilla que irían colocados en la intersección del muro con el pavimento más bajo. A diferencia que con el positivo, en este caso las sales

positivas (no destructivas, por definición) se depositan en los capilares de manera que impiden también la ascensión del agua por capilaridad.

2.2.- Tratamiento a problemas de tipo estructural:

Las soluciones a este tipo de problemas van a requerir en muchos casos el aporte de nuevos materiales por la desaparición o deterioro de los existentes. Existen dos opciones: materiales de diferente naturaleza o reponer los mismo. Ante la imposibilidad de colocar el mismo material se recurrirá a otro tipo, esto va a suponer un mayor cuidado en aspectos como la alteración que supondrá al reparto de cargas, los cambios que generará en la higrometría de la edificación y la aparición de posibles asientos diferenciales.

Otro aspecto a tener en cuenta en estos casos es la reacción que puedan tener los nuevos materiales con los morteros que empleamos, y no olvidar la afectación de piezas metálicas sin proteger al ataque de los yesos.

En función de la magnitud del fallo estructural existente se elegirá el método más apropiado. En alcances limitados se intentará la restitución del elemento a su posición original mediante acciones mecánicas directas o si no es posible se recurrirá a la sustitución más o menos extensa.

2.3.- Actuaciones estabilizadoras:

- Acciones mecánicas directas: En caso de desplomes y desniveles en muros podemos encontrar solución al problema mediante la transmisión de sus esfuerzos a otros elementos constructivos que garanticen su robustez y estabilidad. Podemos valernos de elementos ya existentes o incluso de obra nueva. Se emplearán tirantes y anclajes (elementos a tracción), y codales y tornapuntas (elementos a compresión). Los posibles punzonamientos se evitarán interponiendo a estos elementos placas de reparto, pudiendo ser vistos o alojados en el muro.
- Grapado de fisuras: Se utilizarán piezas metálicas en forma de U, también llamadas lañas, para solidarizar los fragmentos de un muro dislocado. Se reciben las dos ramas de cada grapa en cajeados practicados en el muro, a uno y otro lado de la fisura, los intervalos serán regulares, más o menos próximos.

Las grapas pueden ser de acero o con tiras de palastro. Se deberá tener en cuenta que el hierro y acero pueden sufrir procesos de corrosión por lo que se utilizará el acero inoxidable o bien acero corrugado bañado íntegramente en resinas epoxídicas, o bien el hacer normal pero revestirlo con un camisa de aluminio de hasta varios milímetros de espesor.

- Acciones químicas directas (inyecciones): Se basan en introducir un ligante a baja presión a través de grietas y huecos. Al endurecer recupera su capacidad portante inicial. Se debe valorar previamente el estado del revestimiento ya que actuará como un encofrado para el ligante, la posible existencia de huecos o cámaras por las que el ligante se perdería y como no valorar las dimensiones de las grietas o huecos propiamente dichos.

Antes de comenzar se sellarán esos posibles huecos, se enfoscarán los paramentos o se repararán en caso necesario, y si se da el caso de paramentos visto el enfoscado deberá ser de fácil retirada para poder recuperarlo. Por último con la ayuda de embudos se colará una lechada de cemento muy líquido.

En el caso de lesiones generalizadas se realizarán perforaciones de diámetros en torno a los 3 cm. con disposición al tresbolillo, y su profundidad deberá ser por lo menos mayor a la mitad del espesor total, aunque siempre mejor si nos quedamos a 10-15 cm de la cara opuesta. El límite para inyectar por ambas caras se fija en 65 cm.

Se inyecta agua a presión entre 1 y 3 atm. Para lavar los vacíos internos, arrastrar mortero suelto y humidificar para mejorar la adherencia. El volumen de agua que se evacúa por los huecos inferiores nos dará una idea de la cantidad de ligante que será necesario.

En el siguiente paso ya interviene el ligante. En primer lugar se obturará la primera fila de bocas a excepción de una que se conecta a la bomba, de aquí se inyecta a presión muy baja (0.5-1 kg/cm²) hasta que el ligante comienza a aparecer por los huecos de la hilada superior. Se repetirá por hiladas hasta finalizar la totalidad del muro.

En el caso de grietas aisladas no se procede de esta manera, si no que se colocan catéteres de inyección a distancias entre 15 y 30 cm. según el requerimiento y en el lado opuesto del paramento tubos testigo coincidiendo con los extremos de la fisura. A continuación se lava con agua a presión para finalmente inyectar la mezcla por el catéter inferior obturando el testigo inferior, proceso que continua hasta que también llegue al testigo superior, en este momento se comienza a inyectar por el segundo, y así sucesivamente.

- Acciones de sustitución: Consiste en la eliminación del material existente y su sustitución por otro nuevo. Se lleva a cabo por fases o bataches, se desmonta y se reconstruye de forma inmediata después. Se deberá garantizar la capacidad resistente del conjunto durante el proceso mediante los medios que sean necesarios.
- Limpieza y consolidación: Previamente a la limpieza se procederá a la eliminación de los elementos metálicos o añadidos, dejando la sillería limpia de instalaciones o construcciones extrañas. En el caso de existir elementos

metálicos necesarios para estabilizar los sillares o mampuestos se les realizará un tratamiento antioxidante de gran calidad y protección máxima.

La limpieza de la superficie se llevará a cabo con agua debidamente controlada, exenta de sales solubles u otro tipo de sustancias dañinas, con ayuda de cepillos de cerdas suaves evitaremos dañar la pátina. Se puede recurrir al empleo de la nebulización con presiones inferiores a 1 bar y distancia mínima de 0.75 m. En zonas resistentes se emplearán detergentes con pH menor de 7 y posteriormente se aclarará la superficie con abundante agua a baja presión.

En el caso de existir cemento o eflorescencias se utilizará en primer lugar un cepillo de uña de cerda natural y se aplicará una dilución 1/10 de agua y ácido clorhídrico, se dejará actuar durante 5 min. y se aclarará posteriormente con abundante agua a presión. Otro sistema para eliminar las eflorescencias es la de romper la cristalización de las sales mediante la evaporización rápida del agua con ayuda de la llama de un soplete. A continuación se eliminan los residuos con un cepillo y se lava con la dilución de ácido, de igual manera.

En las zonas con presencia de líquenes o musgos se efectuará una limpieza con cepillo metálico o de uña de cerda natural, aplicando seguidamente una capa de cloruro-tetra-aquil fosforado al 20 % mediante brocha en varios pasos, para así eliminar la reaparición de microorganismos.

En las zonas donde las juntas se encuentran degradadas se restaurará la estanqueidad mediante un rascado hasta el material estable. Tras el rascado se rellena la junta con un mortero de cemento $\frac{1}{4}$ amasado con una dilución $\frac{1}{3}$ de agua y emulsión polimérica, previa imprimación de los labios con la referida dilución.

Si existen manchas de grasa se utilizará un disolvente no graso, en según qué casos el White spirit será el más común, tras su aplicación se procederá a la limpieza común.

Los sillares o mampuestos que hayan sufrido pérdida de volumen deberán ser tratados con un mortero polimérico en color. En primer lugar se descamará la zona erosionada y a continuación se dará una impregnación con un consolidante a base de una dilución $\frac{1}{3}$ de agua y emulsión polimérica, para finalmente efectuar un raspado de la superficie con la intención de igualar texturas finales. En el caso de grandes pérdidas de volumen este mortero irá armado con varillas. Finalmente se aplicará una pátina a base de pigmentos orgánicos disueltos en dilución $\frac{1}{3}$ de agua y emulsión polimérica.

Como último paso se aplica un consolidante a base de un éster orgánico del ácido silícico, a razón de 0,6-0,7 l/m² con rodillo o brocha.

Una vez tratada la fachada aplicaremos a toda la superficie un hidrófugo a base de un oligoxilosano en base disolvente White spirit al 8 % con rodillo, brocha o airles. Se comienza por la parte inferior del muro y el hidrófugo irá obturando los capilares, sin sellarlos.

Maderas

1.- Diagnóstico: El agua es el factor más importante en el deterioro de la madera. El exceso de humedad o las filtraciones que pueda sufrir favorece la aparición de hongos e insectos que pueden disminuir las capacidades mecánicas, e incluso llegar a eliminarlas.

No se debe olvidar el deterioro debido a un mal cálculo de cargas que puede derivar en flechas excesivas en forjados, disgregación de pies derechos,..., pudiendo incluso colapsar la estructura.

Nos centraremos en el ataque por agentes bióticos, y en el reconocimiento de cada una de las especies que pueden ser originarias del daño. Se debe comenzar por la revisión de las zonas más susceptibles al ataque como cocinas, baños, elementos en contacto con el terreno o con el exterior de la edificación.

Se puede realizar el estudio del agente en laboratorio por análisis de material recogido o por observación del estado de la madera.

- Hongos: Evaluaremos el estado de la madera, su coloración, a la madera que ataca y a qué zonas. Por otra parte se estudiará el cuerpo reproductor, y sus hifas y micelio. Según las características del conjunto y el tipo de pudrición que producen podemos clasificar al tipo de hongo.
- Insectos xilófagos: La clasificación se hará en familia y género. Se observará tanto al insecto adulto como en su período larvario. La descripción detallada de ellos nos puede dar directamente la clase de ataque al que nos enfrentamos. Otro punto a tener en cuenta es el estado de la madera, el tipo de túneles que crean, su forma, si hay o no presencia de serrín en ellos y cómo es, si llegan a la superficie o a qué distancia de ella se quedan, la especie de madera que es atacada...

Todas estas características que se pueden observar a simple vista nos facilitarán la familia y género de nuestro atacante. A partir de aquí podemos preparar el tratamiento curativo más adecuado a fin de detener la acción, y dejar la madera protegida ante potenciales ataques posteriores.

2.- Tratamiento

El tratamiento que se puede aplicar a un elemento de madera puede ser preventivo o curativo. Según el tipo de conservación que nos encontremos llevaremos a cabo uno u otro.

Cuando la conservación es total se optará por un tratamiento preventivo, si es parcial se combinarán ambos y en caso de ser nula la consolidación será total o directamente será una sustitución.

Aúno no perteneciendo estrictamente al tema que tratamos, comentaremos algunos de los tratamientos preventivos que encontramos. Se clasifican según el

tipo de protección que requiramos atendiendo al entorno y tipo de madera del que vayamos a disponer:

2.1.- Tratamientos preventivos:

- Tratamiento previo superficial: Está indicado para niveles de riesgo bajo. Serán maderas situadas en lugares protegidos de la intemperie con humedades menores al 20 %, o que incluso pueda, sólo de forma ocasional, presentar mayores contenidos de humedad. Poseen una profundidad de penetración entre 1 y 3 mm.
- Brocheo: Se aplica con brocha y en general en tres manos, el fin es empaparla de líquido en todas sus juntas, grietas y fisuras.
- Aspersión: Se utilizan pulverizadores y se consigue una penetración algo mayor que con el brocheo siempre que la gota propulsada sea de pequeño diámetro.
- Inmersión breve: Consiste en sumergir la madera en la solución protectora a temperatura ambiente, por lo general durante un lapso no mayor a los 10 min. A continuación se seca y se aplican protectores en disolvente orgánico.

2.2.- Tratamiento previo medio:

Se indica para riesgos mayores que el superficial. Serán maderas más expuestas, que aun no estando en contacto con el suelo o a la intemperie puedan sufrir condensaciones de forma habitual. La penetración será inferior de 3 mm e inferior al 75 % del área impregnable.

- Inmersión prolongada: Se realiza sumergiendo la madera en un recipiente que contenga el protector, manteniéndola el mayor tiempo posible. Las maderas no muy gruesas se sumergen en creosotas y se consigue un buen nivel de protección para uso exterior en riesgos no muy elevados. Si se emplean orgánicos se hará sobre piezas delgadas por su baja solubilidad.
- Sustitución de savia: Únicamente se emplea en maderas húmedas. Es un sistema para rollizos recién cortados a los que se inyecta una solución por la parte más gruesa que, avanzando por la albura con el movimiento de la savia, la sustituye.
- Autoclave: Sólo es aplicable sobre maderas con porcentaje de humedad menor al 30 %. Se lleva a cabo en instalaciones implantadas y mediante sistemas de doble vacío. Es el tratamiento más completo debido a que consigue mayor penetración de los productos, y además es apto tanto para protectores

orgánicos como para hidrosolubles. Consiste en ejercer un vacío que permite extraer el aire del poro para después introducir a presión un producto protector, hasta conseguir la profundidad requerida de la penetración.

2.3.- Tratamiento previo profundo:

Se recomiendan para niveles de riesgo alto. Son maderas situadas a la intemperie, en contacto con el suelo o agua dulce y sometidas todo el tiempo a un grado de humedad elevado. El nivel de penetración será superior al 75% del área impregnable de la pieza.

- Inmersión caliente y fría: Consiste en someter la madera a un baño a altas temperaturas en la solución del protector o en agua, y a continuación a un baño a temperatura ambiente. Da mejor resultado que la inmersión prolongada a mismos tiempos y tipo de producto.
- Autoclave: Al igual que en el tratamiento medio descrito anteriormente, la única diferencia estriba en el porcentaje de penetración.
- Difusión: Es una práctica consistente en dos fases. Se consigue a partir de la mezcla de dos soluciones de diferente concentración que se transforman en una única homogénea. En la primera fase, con la madera verde recién aserrada se sumerge en el protector para una absorción superficial. En la segunda fase la madera en almacenada en un lugar con atmósfera saturada de humedad para completar el proceso, y para finalizar se la deja secar normalmente.

3.4.- Tratamientos curativos.

Son los realizados sobre madera en servicio e implican dos acciones, la propia curativa y la preventiva a su entorno. Por norma suelen ser más costosos y más difíciles de ejecutar que la prevención.

Diferenciamos dos tipos de tratamientos: los meramente constructivos y los de tipo estructural. Los constructivos recogen las acciones enfocadas a mejorar las condiciones en que se encuentra la madera, como eliminar humedades, ventilar las cabezas de las vigas, drenar el terreno o incrementar voladizos. Son aspectos constructivos que implican a todo el conjunto. En este apartado nos centraremos en los de tipo estructural:

3.4.1.- Medidas de tipo estructural:

- Sustitución: Se lleva a cabo cuando la madera está tan dañada que no conviene consolidar ni reforzarla. Se elimina y bien se sustituye por otra de igual especie protegida debidamente (restauración), o bien se emplea otro material (rehabilitación).

- Refuerzo: Se trabaja sobre el elemento estructural completo, no de manera directa sobre la madera. Se incrementa su capacidad resistente para así limitar su deformación.
- Consolidación: Son las medidas que tienen como objetivo la recuperación de la capacidad resistente inicial sobre maderas que presentan zonas deterioradas muy delimitadas, y cuya magnitud no implica la sustitución.

Se conoce como el sistema Beta. Consiste en la eliminación de la zona degradada y posterior fabricación de una prótesis. Esta prótesis puede ser de diferentes materiales según los requerimientos, hormigón, hormigón-madera, elementos metálicos, de madera, productos epoxi o elementos tixotrópicos. Es necesario crear una unión sólida por lo que una práctica es la de realizar agujeros pasantes en ambas piezas, la de origen y la nueva que puede ser en madera maciza o en láminas, e introducir barras de vitrofibra a su través.

En el caso de vigas decoradas para conservar intactas las caras visibles, se procede eliminando la zona enferma previo apuntalamiento de la viga, y posteriormente se reconstruye la sección con mortero epoxi con virutas de madera y varillas de fibra de vidrio. La madera que se conserva actúa a modo de encofrado para el mortero.

A continuación trataremos de una manera más concreta el tema de los forjados y cubiertas, por ser éstos los elementos estructurales en los que la madera tiene mayor presencia.

3.4.1.1.- Forjados:

- Flecha excesiva: Como primera medida a tomar será la de descargar lo máximo posible el forjado y a continuación calcular el módulo resistente de las viguetas y su tensión admisible. En el caso de ser insuficiente habrá que aumentarlo con piezas nuevas en la viguetería existente. Para la nivelación del suelo se utilizarán morteros muy ligeros con la precaución de proteger el entablado de la humedad.
- Viguetería dañada y forjado oculto: Se recurre a una viga metálica que resista la luz. Sobre ella apoyarán las viguetas de madera retacadas perfectamente para asegurarnos de que entran en carga.
- Testas de viguetas en mal estado: En caso de que el daño sea en una zona próxima al muro se eliminará esa zona y se apoyará directamente sobre un perfil metálico sobre canes metálicos. Si la zona dañada se encuentra alejada del muro se puede realizar un embrochalado. En los casos en que el daño solo sea en ciertas viguetas se realizarán prótesis metálicas para apoyarlas en el

muro, una opción son las de forma en U, como una caja que las recibe hasta la carrera de apoyo o can metálico fijado a la carrera.

- Sustitución de la viguería: Se debe demoler el forjado existente y sustituirlo por otro. Hay que tener en cuenta factores como el peso de la nueva solución, la posibilidad de acceso de maquinaria a la zona, de acopio, espacio del tajo...Todos estos aspectos suelen derivar en soluciones ligeras y rápidas como chapas grecadas o placas metálicas actuando de encofrados perdidos.

3.4.1.2.- Cubiertas:

- Estructura: En la sustitución se puede utilizar madera aserrada o laminada, la opción de laminada es más costosa pero también será más segura ya que nos evitaremos la posibilidad de hinchamientos debidos a la humedad ambiental. Otra opción es utilizar perfiles metálicos como 2 UPN soldados, o también a modo de refuerzos con perfiles en L, en U o palastros fijados con pernos. Otra opción, para casos donde el mantener las piezas sea vital, es el sistema Beta (ya explicado en el apartado de consolidación).
- Cubrición: Para la cubrición se debe valorar si compensa o no la rehabilitación, ya que habrá que adecuarla a los requerimientos técnicos actuales en cuanto a aislamiento térmico y acústico, y son mucho más costosos. Esta es la razón de que la sustitución sea la opción más recurrida. Existen muchas opciones. La más simple es la de sustituir las tablas de ripia en mal estado, interponer una lámina fibroasfáltica y colocar las tejas en su superficie, en las que valoraremos el estado para su elección como canal o cobija. Para soluciones con pizarra se obrará igual pero interponiendo un rastrelado para las tejas. También se puede recurrir a los paneles sándwich, de gran uso por sus características aislantes e impermeabilizantes, o a placas de fibrocemento y el aislante por una de sus caras.

Agentes bióticos: En el caso de que la degradación haya sido debida al ataque de agentes xilófagos deberemos además sanearla e impedir su posterior aparición. Existen dos tipos de acciones para adoptar estas medidas. Se puede realizar mediante pulverización superficial o mediante la inyección de protectores, según las necesidades. También existen otras soluciones en función del recinto donde se encuentren las piezas a tratar. En el caso de grandes edificios con maderamen de difícil acceso o con policromías se utilizan

humos insecticidas. Éstos se depositan en forma de gotas provocando la muerte de los insectos que emergen posteriormente. Es económico pero tiene el inconveniente de que debe repetirse al comienzo del período de emergencia durante unos cinco años.

Agentes xilófagos:

- Polillas, carcoma y gorgojos: Se utilizan tratamientos con productos a base de pentaclorofenol o activos de acción similar. La cantidad por metro cuadrado depende del tipo y superficie de madera y también del modo de distribución de producto. La aplicación puede ser con pincel o vaporizado y para situaciones más críticas se debe rascar la zona con anterioridad. Para piezas decoradas se deberá aplicar mediante inyección para no tocar la parte superficial.
- Longicornios: Son desinfecciones difíciles. Se realizan agujeros de 6 a 7 cm. en la cara superior de las vigas, y por medio de embudos se van filtrando los productos poco a poco a lo largo de días.
- Termitas: En primer lugar se debe localizar el nido y dejarlo al descubierto. Se prepara una mezcla líquida a razón de 50-70 gramos de sustancia activa por hectolitro de agua, las sustancias empleadas pueden ser Parathio, Malathion, endosulfan, tricloforn o dianzinone. Se rocía en abundancia, y conviene repetir la operación en zonas vecinas para evitar que se reconstruya la colonia.

Existen tratamientos específicos complementarios para esas zonas, son de tipo repulsivo con los que se busca impedir el acceso de los insectos a la estructura:

- Barreras tóxicas: En primer lugar se inyectan los muros y el maderamen de la estructura y posteriormente se realiza una zanja de 40 cm. de ancho y con una profundidad similar a la altura. La solución se extiende sobre el lecho de la zanja y a continuación se rellena de tierra. Otra manera de realizarlo es mediante perforaciones en el suelo e inyectando la solución al terreno.
- Cebos: Se utiliza el hexafluomurón como cebo, del cual se alimentan las termitas obreras impidiendo el proceso de muda, y difundiénolo a toda la colonia. Los cebos se deben reponer periódicamente, entre 3 y 5 semanas según la intensidad hasta la eliminación de la colonia.

- Pudriciones:

En primer lugar se debe eliminar cualquier origen de humedad y posteriormente secar la madera, o la construcción a fondo. Si el secado es rápido y se mantienen las condiciones, el desarrollo de la colonia cesa, pero ésta es una situación difícil así que se suele actuar sobre el crecimiento de la misma de manera constante.

En las superficies no combustibles y sus vecinas se puede esterilizar con calentador y tratar con líquidos fungicidas. Se usa una solución de 50 g. de pentaclorofenato de sodio o de ortofenilfenato de sodio por litro de agua. La parte sana de la pieza de madera debe recibir dos o tres baños de algún preservario.

4.2. Seguridad estructural

1.	DB SE – Seguridad estructural.....	2
1.1	Criterios de seguridad.....	2
1.2	Estados límite	2
1.2.1	Estados límite últimos (E.L.U)	3
1.2.2	Estado Límite de Servicio (E.L.S).....	3
1.3	Clasificación de las acciones	4
1.4	Duración de las acciones.....	4
1.5	Valores de cálculo de las acciones	4
1.6	Madera.....	5
1.6.1	Valores de cálculo de la madera	5
1.6.2	Propiedad del material	6
1.7	Cálculo y verificación	7
1.7.1	Estructura de madera.....	7

1. DB SE – Seguridad estructural

Se desarrolla en base al CTE en sus documentos básicos SE, SE-AE SE-M y SE-A.

En estos documentos se establecen los principios y requisitos relativos a la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio, así como la aptitud al servicio, incluyendo la durabilidad; requisitos que debe cumplir la estructura del presente Proyecto.

El diseño se elabora a través del cálculo de la estructura realizado por el "Método de los estados límite" que desarrolla el Eurocódigo 5 (UNE-ENV-1995-1-1).

1.1 Criterios de seguridad

Según el apartado 3.1 del DB SE la comprobación estructural de un edificio requiere:

- a) Determinar las situaciones de dimensionado que resulten determinantes;
- b) Establecer las acciones que deben tenerse en cuenta y los modelos adecuados para la estructura;
- c) Realizar el análisis estructural, adoptando métodos de cálculo adecuados a cada problema;
- d) Verificar que, para las situaciones de dimensionado correspondientes, no se sobrepasan los Estado Límite.

En las verificaciones se tendrán en cuenta los efectos del paso del tiempo (acciones químicas, físicas y biológicas; acciones variables repetidas) que pueden incidir en la capacidad portante o en la aptitud al servicio, en concordancia con el período de servicio.

Las situaciones de dimensionado deben englobar todas las condiciones y circunstancias previsibles durante la ejecución y la utilización de la obra, teniendo en cuenta la diferente probabilidad de cada una. Para cada situación de dimensionado, se determinarán las combinaciones de acciones que deban considerarse.

Las situaciones de dimensionado se clasifican en:

- a) Persistentes, que se refieren a las condiciones normales de uso;
- b) Transitorias, que se refieren a unas condiciones aplicables durante un tiempo limitado (no se incluyen las acciones accidentales);
- c) Extraordinarias, que se refieren a unas condiciones excepcionales en las que se puede encontrar, o las que puede estar expuesto el edificio (acciones accidentales).

1.2 Estados límite

Se denominan estados límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para las que ha sido concebido.

1.2.1 Estados límite últimos (E.L.U)

Los estados límite últimos (E.L.U) son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo.

Como estados límite últimos deben considerarse los debidos a:

- a) Pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;
- b) Fallo por deformación excesiva, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos los apoyos y la cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo.

El Estado Límite queda garantizado si se verifica que la respuesta estructural no es inferior que el efecto de las acciones aplicadas. Para la determinación de dicho efecto que producen las acciones sobre la estructura, deben considerarse las acciones de cálculo combinadas, considerando la más desfavorable para el elemento que se considere. Para la determinación de la respuesta estructural, deben garantizarse los valores de cálculo de los materiales y los datos geométricos y dimensionales que conforman la estructura.

En la comprobación de Estados Límite Últimos, que consideran la rotura de la sección, se debe satisfacer la condición:

$$E_d \leq R_d$$

siendo:

E_d : valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d : valor de cálculo de la resistencia correspondiente

1.2.2 Estado Límite de Servicio (E.L.S)

Los estados límite de servicio (E.L.S) son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción. Pueden ser reversibles o irreversibles, refiriéndose a que las consecuencias excedan o no los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido.

Como estados límite de servicio deben considerarse los relativos a:

- a) Las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones;
- b) Las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra;
- c) Los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

1.3 Clasificación de las acciones

- Acciones permanentes (G)

Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante o no, pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.

Son acciones permanentes el peso propio a tener en cuenta de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, carpinterías, revestimientos, rellenos y equipo fijo. En general en vivienda bastará considerar como peso propio de la tabiquería una carga de 1,0 kN por cada m² de superficie construida. El peso de fachadas y compartimentación pesada, tratados como acción local, se asignará como carga a aquellos elementos que vayan a soportarlos.

- Acciones variables (Q)

Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio. La sobrecarga de uso, que es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso es una acción variable. En general, son aquellas que pueden desplazarse, como por ejemplo las personas que circulan por un edificio, muebles y material de almacenaje, y que varían sensiblemente según el tipo de utilización previsto. Los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente, así el CTE en su DB-AE nos da un valor de 2kN/m² para una categoría de uso de zona residencial.

- Acciones accidentales (A)

Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.

1.4 Duración de las acciones

Las acciones permanentes comprenden el peso propio y la tabiquería y se supone que su carga actuará en duraciones acumuladas superiores a los 10 años. En realidad ha de suponerse que su acción permanecerá a lo largo de toda la vida del edificio.

Las acciones de media duración actúan desde una semana a 6 meses, como por ejemplo, la sobrecarga de uso.

Y por último, las acciones de corta duración como la nieve (que en algunos casos puede ser considerada como carga permanente), el viento y el sismo, tienen una actuación de menos de una semana.

1.5 Valores de cálculo de las acciones

El valor de cálculo de una acción se obtiene multiplicando su valor representativo o característico por el coeficiente parcial de seguridad (γ).

Los coeficientes están recogidos en el DB SE tabla 4.1. Se corresponden a una verificación de la resistencia ante acciones permanentes debidas al peso propio y a acciones variables, ambas ante una situación desfavorable. Es la forma de llevar el cálculo siempre por el lado de la seguridad.

$$\gamma_{\text{peso propio}} = 1,35$$

$$\gamma_{\text{variable}} = 1,50$$

Una vez obtenidos los valores de cálculo de las acciones y la capacidad de resistencia de la estructura, se debe verificar que los Estados Límite no son sobrepasados. Es decir, que los efectos de las acciones no superan la capacidad de resistencia al E.L.U, ni las condiciones predeterminadas al E.L.S.

1.6 Madera

1.6.1 Valores de cálculo de la madera

El valor de cálculo de la madera se obtiene en función de su valor característico y de dos coeficientes singulares propios de la madera:

$$X_d = K_{\text{mod}} \times (X_k / \gamma_M)$$

Siendo:

X_k : valor característico de la propiedad del material

γ_M : coeficiente parcial de seguridad para el material que corresponde, definido en la tabla 2.3 del DB SE-M; para madera laminada tiene un valor de 1,25.

K_{mod} : factor de modificación, cuyos valores figuran en la tabla 2.4 del DB SE-M, teniendo en cuenta previamente la clase de duración de la carga, tabla 2.2 y la clase de servicio en el apartado 2.2.2.2.

Tabla 2.4 Valores del factor k_{mod}

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza	UNE-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	UNE-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera microlaminada	UNE-EN 14374, UNE-EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero contrachapado	UNE-EN 636						
	Tipo EN 636-1,2 y 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-2 y 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero de virutas orientadas (OSB) ¹	UNE-EN 300						
	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
Tablero de partículas	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
	UNE-EN 312						
	Tipo P4, Tipo P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	Tipo P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Tablero de fibras duro	Tipo P6, Tipo P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	Tipo P7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
	UNE-EN 622-2						
Tablero de fibras semi-duro	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	UNE-EN 622-3						
Tablero de fibras MDF	MBH.LA 1 o 2,	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	2	-	-	-	0,45	0,80
Tablero de fibras MDF	UNE-EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

¹OSB = Oriented Strand Board. El acrónimo es usado frecuentemente en lengua inglesa y se ha acuñado como un nombre usual para el material en otros idiomas, como de hecho sucede ya en el nuestro

Para este caso se trata de la clase de servicio 1 (se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 65% unas pocas semanas al año).

1.6.2 Propiedad del material

Para el caso que se trata se ha elegido una madera de roble de clase resistente GL32h, que presenta las siguientes características recogidas todas ellas en el Anejo E apartado E.2 Madera laminada encolada, tabla E.3 del DB SE-M.

Tabla E.3 Madera laminada encolada homogénea. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente

Propiedades		Clase Resistente			
		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Resistencia (característica), en N/mm²					
- Flexión	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracción paralela	$f_{t0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
- Tracción perpendicular	$f_{t90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
- Compresión paralela	$f_{c0,g,k}$	24	26,5	29	31
- Compresión perpendicular	$f_{c90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
- Cortante	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Rigidez, en kN/mm²					
- Módulo de elasticidad paralelo medio	$E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Módulo de elasticidad paralelo 5 ^o -percentil	$E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Módulo de elasticidad perpendicular medio	$E_{90,g,medio}$	0,39	0,42	0,46	0,49
- Módulo transversal medio	$G_{g,medio}$	0,72	0,78	0,85	0,91
Densidad, en kg/m³					
Densidad característica	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450

1.7 Cálculo y verificación

1.7.1 Estructura de madera

Se utiliza madera del tipo GL32h con humedad del aire $\leq 65\%$

1.7.1.1 Cálculo y verificación de los entramados horizontales

Para ello realizaremos el cálculo de las acciones a las que están sometidos los elementos y dimensionaremos todas las piezas iguales basándonos en la situación más desfavorable.

El diseño del forjado se ha realizado a partir de:

- Vigas de sección constante 200x280 mm y longitud 4,00 m cada 2,25 m.
- Viguetas de sección 100x140 mm y longitud 2,25 m cada 0,60 m.
- Aislamiento térmico de 69 mm de espesor.
- Entablado de madera de 20 mm de espesor.
- Tarima de madera de 22 mm de espesor.
- Baldosa de gres sobre capa de mortero autonivelante (en baños)

La solución constructiva será de tal modo que las vigas y las viguetas queden enrasadas en su parte superior y sobre estas irá el aislamiento con el entablado. Sobre el entablado se colocará el entarimado sobre rastreles o, en el caso de los baños, gres porcelánico sobre capa de mortero autonivelante.



VIGA 200 X 280 mm

Estimación de cargas:

- Cargas permanentes (Gk)

	KN/m ²	KN/m
Tarima flotante de 22 mm de espesor	0,40	$0,40 \times 2,16 = 0,864$
Aislamiento térmico	---	---
Entablado de madera de 20 mm de espesor	0,085	$0,085 \times 2,16 = 0,184$
Viguetas 100 x 140 mm	0,130	0,065
Vigas 200 x 280 mm	0,209	0,452
Tabiquería cartón-yeso	1,00	$1,00 \times 2,16 = 2,16$
p.p instalaciones	2,00	$0,02 \times 2,16 = 0,043$
	kg/m ² x10 ⁻²	
		TOTAL = 3,718

* Sección de las viguetas de 100 x 140 mm con intereje de 0,60 m y densidad media $430 \text{ kg/m}^3 = 430 \text{ N/mm}^2$

$$0,10 \times 0,14 \times 430 = 6,45 \text{ kg/m} = 0,065 \text{ KN/m}$$

$$0,065 \text{ KN/m} : 0,60 \text{ m} = 0,108 \text{ KN/m}^2$$

* Sección de las vigas de 200 x 280 mm con intereje de 2,25 m y ensidad media de $430 \text{ kg/m}^3 = 430 \text{ N/mm}^2$

$$0,20 \times 0,28 \times 430 = 45,15 \text{ kg/m} = 0,452 \text{ KN/m}$$

$$0,452 \text{ KN/m} : 2,25 \text{ m} = 0,200 \text{ KN/m}^2$$

- **Cargas variables (q_{uk})**

	KN/m ²	KN/m
Sobrecarga de uso	2,00 ⁽¹⁾	2,00 x 2,25 = 4,320
		TOTAL = 4,320

Nota:

⁽¹⁾ Zona residencial A1 según CTE DB SE-AE tabla 3.1

- **Comprobación de la combinación más desfavorable**

1ª Combinación: P (duración permanente) → $K_{mod} = 0,60^{(1)}$

$$G_D = G_k \times \gamma_G = 3,718 \times 1,35 = 5,019 \text{ KN/m} \rightarrow 5,019 / 0,60 = 8,366 \text{ KN/m}$$

2ª Combinación: P + U (duración media) → $K_{mod} = 0,80^{(1)}$

$$G_D = G_k \times \gamma_G + q_{uk} \times \gamma_Q = 3,718 \times 1,35 + 4,320 \times 1,50 = 11,499 \text{ KN/m} \rightarrow 11,499 / 0,80 = 14,374 \text{ KN/m}$$

Nota:

⁽¹⁾ el K_{mod} es un factor de modificación de la madera, cuyos valores figuran en la tabla 2.4 del DB SE-M.

La combinación de acciones más desfavorable es la segunda, por lo tanto ese es el valor de cálculo que se usará para a continuación, hallar el valor del momento y cortante máximos al que está sometido el elemento objeto de cálculo.

Verificar una viga de madera de ancho x canto x alto = 25 x 30 x 400 cm. Se utilizan dispositivos de arriostramiento cada 60 cm para evitar el pandeo de la viga comprimida.

La viga es un elemento biapoyado con una luz de 4,00 m, por lo que el momento máximo y el cortante serán:

$$M_{y,Ed} = (Q \times L^2) / 8 = (11,499 \text{ KN/m} \times 4,00^2 \text{ m}^2) / 8 = 22,998 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed} = (Q \times L) / 2 = 22,998 \text{ KN}$$

Una vez obtenidos los esfuerzos máximos a los que va a estar sometida la viga, procedemos a la verificación para los ELU a flexión y a cortante como sigue:

1) Verificación a flexión de la viga

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1, \text{ siendo:}$$

$\sigma_{m,d}$: tensión de cálculo a flexión

$F_{m,d}$: resistencia de cálculo a flexión

$$\sigma_{m,d} = M_{y,Ed} / W_y = 22998000 \text{ N}\cdot\text{mm} / 2613333 \text{ mm}^3 = 8,800 \text{ N/mm}^2$$

$$W_y = b \times h^2 / 6 = 200 \times 280^2 / 6 = 2613333 \text{ mm}^3$$

$$f_{m,d} = K_{mod} \times (f_{m,k} / \gamma_M) = 0,80 \times (32 \text{ N/mm}^2 / 1,25) = 20,48 \text{ N/mm}^2$$

Nota:

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión de la madera que se obtiene del Anejo E apartado E.2 Madera laminada encolada, tabla E.3 del DB SE-M.

γ_M : Coeficiente parcial de seguridad que se obtiene en la tabla 2.3 del apartado 2.2.3 del CTE DB SE-M.

Conclusión:

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 8,800 \text{ N/mm}^2 / 20,48 \text{ N/mm}^2 = 0,43 \leq 1 \rightarrow \text{RESISTE A FLEXIÓN}$$

2) Verificación a corte de la viga

$\tau_d / f_{v,d} \leq 1$ siendo:

τ_d : tensión tangencial de cálculo

$f_{v,d}$: resistencia de cálculo a cortante (corte paralelo o rodadura)

$$\tau_d = 3 \times V_{ED} / 2 \times K_{cr} \times A = 3 \times 22998 \text{ N} / 2 \times 0,67 \times (200 \times 280) \text{ mm}^2 = 0,919 \text{ N/mm}^2$$

Nota:

K_{cr} : para madera laminada encolada en secciones rectangulares = 0,67

$$f_{v,d} = K_{mod} \times (f_{v,k} / \gamma_M) = 0,80 \times (3,80 \text{ N/mm}^2 / 1,25) = 2,432 \text{ N/mm}^2$$

Conclusión:

$$\tau_d / f_{v,d} = 0,919 \text{ N/mm}^2 / 2,432 \text{ N/mm}^2 = 0,378 \leq 1 \rightarrow \text{RESISTE A CORTE}$$

Comprobaciones para el ELS:

3) Cálculo de la flecha

$$F_{\max} = (5 \times Q \times L^4) / (384 \times E \times I) + (1,2 \times Q \times L^2) / (8 \times G \times A)$$

$$L = 4,00 \text{ m} = 4000 \text{ mm}$$

$$E = 13,7 \text{ KN/mm}^2 = 13700 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 200 \times 280 = 56000 \text{ mm}^2$$

$$I = 200 \times 280^3 / 12 = 365866667 \text{ mm}^4$$

$$G = 0,85 \text{ KN/mm}^2 = 850 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{\text{máx}} = (5 \times 4000^4 \times Q) / (384 \times 13700 \times 365866667) + (1,2 \times Q \times 4000^2) / (8 \times 850 \times 56000) =$$

$$= 0,665 Q + 0,050 Q = 0,715 \cdot Q \text{ mm}^2/\text{N}$$

→ Flecha para cargas permanentes:

$$f_{i,G} = 0,715 \cdot Q = 0,715 \text{ mm}^2/\text{N} \times 3,780 \text{ N/mm} = 2,703 \text{ mm}$$

$$f_{\text{dif},G} = f_{i,G} \times \psi_{2,G} \times k_{\text{def}} = 2,703 \times 1 \times 0,60 = 1,622 \text{ mm}$$

→ Flecha para cargas variables

$$f_{i,U} = 0,715 \cdot Q = 0,715 \text{ mm}^2/\text{N} \times 4,320 \text{ N/mm} = 3,089 \text{ mm}$$

$$f_{\text{dif},U} = f_{i,U} \times \psi_{2,U} \times k_{\text{def}} = 3,089 \times 0,30 \times 0,60 = 0,556 \text{ mm}$$

A continuación, una vez calculadas las deformaciones que producen las cargas sobre la viga, se verificará que cumplan los valores de cálculo con los establecidos en el CTE DB SE-AE en su apartado 4.3.3.1 Flechas.

Combinación característica → integridad de los elementos → flecha activa (considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento)

$$\Sigma G_K + Q_{K,1} + \Sigma Q_{K,i} \times \psi_{0,i}$$

$$P+U: G_K + q_{u,k}$$

$$F_T = f_{i,G} + f_{\text{dif},G} + f_{i,U} + f_{\text{dif},U} = 2,703 \text{ mm} + 1,622 \text{ mm} + 3,089 \text{ mm} + 0,556 \text{ mm} = 8,010 \text{ mm}$$

$$\text{Fact} \leq L/400 = 4000 \text{ mm} / 400 = 10,00 \text{ mm}$$

8,01 mm ≤ 10,00 mm → CUMPLE

Combinación frecuente → confort usuarios → flecha aparente (medida desde el eje teórico de la barra)

$$\Sigma G_K + Q_{U,1} \times \psi_{1,i} + \Sigma Q_{K,i} \times \psi_{2,i}$$

$$P+U: G_K + q_{u,k} \times \psi_{2,U}$$

$$F_T = f_{i,G} + f_{dif,G} + f_{i,U} \times \psi_{2,U} + f_{dif,U}$$

$$F_T = 2,703 \text{ mm} + 1,622 \text{ mm} + 3,089 \text{ mm} \times 0,5 + 0,556 \text{ mm} = 6,426 \text{ mm}$$

$$F_{ap} \leq L/350 = 4000 \text{ mm} / 350 = 11,429 \text{ mm}$$

6,426 mm ≤ 11,429 mm → CUMPLE

Combinación casi permanente → apariencia de la obra → flecha aparente (medida desde el eje teórico de la barra)

$$\Sigma G_K + \Sigma Q_{K,i} \times \psi_{2,i}$$

$$P+U: G_K + q_{u,k} \times \psi_{2,U}$$

$$F_T = f_{i,G} + f_{dif,G} + f_{i,U} \times \psi_{2,2} + f_{dif,U}$$

$$F_T = 2,703 \text{ mm} + 1,622 \text{ mm} + 3,089 \text{ mm} \times 0,3 + 0,556 \text{ mm} = 5,807 \text{ mm}$$

$$F_{ap} \leq L / 300 = 4000 \text{ mm} / 300 = 13,333 \text{ mm}$$

5,81 mm ≤ 13,33 mm → CUMPLE

VIGUETA 100 X 140 mm

Estimación de cargas:

- Cargas permanentes (G_k)

	KN/m ²	KN/m
Tarima flotante de 22 mm de espesor	0,40	0,40 x 0,60 = 0,250
Aislamiento térmico	---	---
Entablado de madera de 20 mm de espesor	0,085	0,085 x 0,60 = 0,051
Vigueta 100 x 140 mm	0,130	0,065
Tabiquería cartón-yeso	1,00	1,00 x 0,60 = 0,600
p.p instalaciones	2,00	0,02 x 0,60 = 0,012
	kg/m ² x10 ⁻²	
		TOTAL = 0,978

* Sección de los pontones de 100 x 140 mm con intereje de 0,60 m y densidad media 430 kg/m³ = 430 N/mm²

$$0,10 \times 0,14 \times 430 = 6,45 \text{ kg/m} = 0,065 \text{ KN/m}$$

$$0,065 \text{ KN/m} : 0,60 \text{ m} = 0,108 \text{ KN/m}^2$$

- Cargas variables (q_{uk})

	KN/m ²	KN/m
Sobrecarga de uso	2,00 ⁽¹⁾	2,00 x 0,60 = 1,200
		TOTAL = 1,200

Nota:

⁽¹⁾ Zona residencial A1 según CTE DB SE-AE tabla 3.1

- **Comprobación de la combinación más desfavorable**

1ª Combinación: P (duración permanente) → $K_{mod} = 0,60^{(1)}$

$$G_D = G_k \times \gamma_G = 0,978 \times 1,35 = 1,320 \text{ KN/m} \rightarrow 1,320 / 0,60 = 2,201 \text{ KN/m}$$

2ª Combinación: P + U (duración media) → $K_{mod} = 0,80^{(1)}$

$$G_D = G_k \times \gamma_G + q_{uk} \times \gamma_Q = 0,978 \times 1,35 + 1,200 \times 1,50 = 3,120 \text{ KN/m} \rightarrow 3,120 / 0,80 = 3,900 \text{ KN/m}$$

Nota:

⁽¹⁾ el K_{mod} es un factor de modificación de la madera, cuyos valores figuran en la table 2.4 del DB SE-M.

La combinación de acciones más desfavorable es la segunda, por lo tanto ese es el valor de cálculo que se usará para a continuación, hallar el valor del momento y cortante máximos al que está sometido el elemento objeto de cálculo.

Verificar un pontón de madera de ancho x canto x alto = 10 x 14 x 225 cm.

La vigueta es un elemento biapoyado con una luz de 2,25m, por lo que el momento máximo y el cortante serán:

$$M_{y,Ed} = (Q \times L^2) / 8 = (3,900 \text{ KN/m} \times 2,25^2 \text{ m}^2) / 8 = 2,468 \text{ KN}\cdot\text{m} = 2467968,750 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_{Ed} = (Q \times L) / 2 = 4,388 \text{ KN} = 4388 \text{ N}$$

Una vez obtenidos los esfuerzos máximos a los que va a estar sometida la viga, procedemos a la verificación para los ELU a flexión y a cortante como sigue:

1) Verificación a flexión del pontón

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1, \text{ siendo:}$$

$\sigma_{m,d}$: tensión de cálculo a flexión

$F_{m,d}$: resistencia de cálculo a flexión

$$\sigma_{m,d} = M_{y,Ed} / W_y = 2467968,750 \text{ N}\cdot\text{mm} / 326667 \text{ mm}^3 = 7,555 \text{ N/mm}^2$$

$$W_y = b \times h^2 / 6 = 100 \times 140^2 / 6 = 326667 \text{ mm}^3$$

$$M_{y,Ed} = 2467968,750 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{m,d} = K_{mod} \times (f_{m,k} / \gamma_M) = 0,80 \times (32 \text{ N/mm}^2 / 1,25) = 20,48 \text{ N/mm}^2$$

Nota:

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión de la madera que se obtiene del Anejo E apartado E.2 Madera laminada encolada, tabla E.3 del DB SE-M.

γ_M : Coeficiente parcial de seguridad que se obtiene en la tabla 2.3 del apartado 2.2.3 del CTE DB SE-M.

Conclusión:

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 7,555 \text{ N/mm}^2 / 20,48 \text{ N/mm}^2 = 0,369 \leq 1 \rightarrow \text{RESISTE A FLEXIÓN}$$

2) Verificación a corte del pontón

$\tau_d / f_{v,d} \leq 1$ siendo:

τ_d : tensión tangencial de cálculo

$f_{v,d}$: resistencia de cálculo a cortante (corte paralelo o rodadura)

$$\tau_d = 3 \times V_{ED} / 2 \times K_{cr} \times A = 3 \times 4388 \text{ N} / 2 \times 0,67 \times (100 \times 140) \text{ mm}^2 = 0,701 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed} = 3388 \text{ N}$$

$$K_{cr}: \text{ para madera laminada encolada en secciones rectangulares} = 0,67$$

$$A = 100 \times 140 = 14000 \text{ mm}^2$$

$$f_{v,d} = K_{mod} \times (f_{v,k} / \gamma_M) = 0,80 \times (3,80 \text{ N/mm}^2 / 1,25) = 2,432 \text{ N/mm}^2$$

Conclusión:

$$\tau_d / f_{v,d} = 0,701 \text{ N/mm}^2 / 2,432 \text{ N/mm}^2 = 0,289 \leq 1 \rightarrow \text{RESISTE A CORTE}$$

Comprobaciones para el ELS:

3) Cálculo de la flecha

$$F_{\text{máx}} = (5 \times Q \times L^4) / (384 \times E \times I) + (1,2 \times Q \times L^2) / (8 \times G \times A)$$

$$L = 2,25 \text{ m} = 2250 \text{ mm}$$

$$E = 13,7 \text{ KN/mm}^2 = 13700 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 100 \times 140 = 14000 \text{ mm}^2$$

$$I = 100 \times 140^3 / 12 = 22866667 \text{ mm}^4$$

$$G = 0,85 \text{ KN/mm}^2 = 850 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{\text{máx}} = (5 \times 2250^4 \times Q) / (384 \times 13700 \times 22866667) + (1,2 \times Q \times 2250^2) / (8 \times 850 \times 14000) =$$

$$= 1,065 Q + 0,064 Q = 1,129 \cdot Q \text{ mm}^2/\text{N}$$

→ Flecha para cargas permanentes:

$$f_{i,G} = 1,129 \cdot Q = 1,129 \text{ mm}^2/\text{N} \times 0,978 \text{ N/mm} = 1,104 \text{ mm}$$

$$f_{\text{dif},G} = f_{i,G} \times \psi_{2,G} \times k_{\text{def}} = 1,104 \times 1,000 \times 0,600 = 0,662 \text{ mm}$$

→ Flecha para cargas variables

$$f_{i,U} = 1,129 \cdot Q = 0,926 \text{ mm}^2/\text{N} \times 1,200 \text{ N/mm} = 1,355 \text{ mm}$$

$$f_{\text{dif},U} = f_{i,U} \times \psi_{2,U} \times k_{\text{def}} = 1,355 \times 0,30 \times 0,60 = 0,244 \text{ mm}$$

A continuación, una vez calculadas las deformaciones que producen las cargas sobre el pontón, se verificará que cumplan los valores de cálculo con los establecidos en el CTE DB SE-AE en su apartado 4.3.3.1 Flechas.

Combinación característica → integridad de los elementos → flecha activa (considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento)

$$\Sigma G_K + Q_{K,1} + \Sigma Q_{K,i} \times \psi_{0,i}$$

$$P+U: G_K + q_{u,k}$$

$$F_T = f_{i,G} + f_{\text{dif},G} + f_{i,U} + f_{\text{dif},U} = 1,104 \text{ mm} + 0,662 \text{ mm} + 1,355 \text{ mm} + 0,244 \text{ mm} = 3,365 \text{ mm}$$

$$\text{Fact} \leq L/400 = 2250 \text{ mm} / 400 = 5,625 \text{ mm}$$

3,37 mm ≤ 5,63 mm → CUMPLE

Combinación frecuente → confort usuarios → flecha aparente (medida desde el eje teórico de la barra)

$$\Sigma G_K + Q_{U,1} \times \psi_{1,i} + \Sigma Q_{K,i} \times \psi_{2,i}$$

$$P+U: G_K + q_{u,k} \times \psi_{2,U}$$

$$F_T = f_{i,G} + f_{\text{dif},G} + f_{i,U} \times \psi_{2,U} + f_{\text{dif},U}$$

$$F_T = 1,104 \text{ mm} + 0,662 \text{ mm} + 1,355 \text{ mm} \times 0,500 + 0,244 \text{ mm} = 2,688 \text{ mm}$$

$$F_{\text{ap}} \leq L/350 = 2250 \text{ mm} / 350 = 6,429 \text{ mm}$$

2,69 mm ≤ 6,43 mm → CUMPLE

Combinación casi permanente → apariencia de la obra → flecha aparente (medida desde el eje teórico de la barra)

$$\Sigma G_K + \Sigma Q_{K,i} \times \psi_{2,i}$$

$$P+U: G_K + q_{u,k} \times \psi_{2,U}$$

$$F_T = f_{i,G} + f_{dif,G} + f_{i,U} \times \psi_{2,2} + f_{dif,U}$$

$$F_T = 1,104 \text{ mm} + 0,662 \text{ mm} + 1,355 \text{ mm} \times 0,300 + 0,244 \text{ mm} = 2,417 \text{ mm}$$

$$F_{ap} \leq L / 300 = 2250 \text{ mm} / 300 = 7,500 \text{ mm}$$

2,42 mm ≤ 7,50 mm → CUMPLE

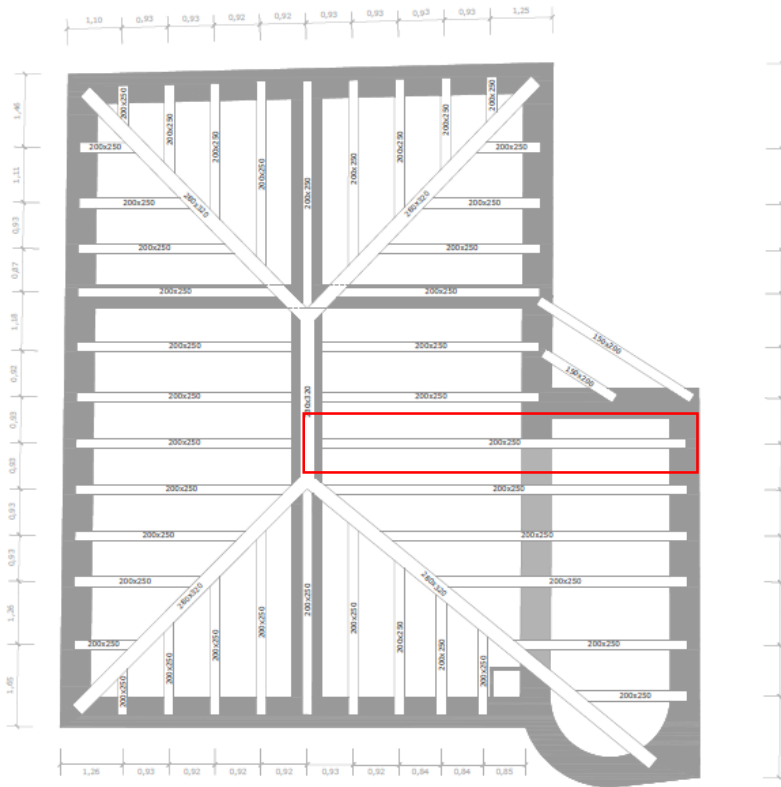
1.7.1.1.1 Cálculo y verificación de los entramados verticales

Para ello realizaremos el cálculo de las acciones a las que están sometidos los elementos y dimensionaremos todas las piezas iguales basándonos en la situación más desfavorable.

- VIVIENDA

El diseño se ha realizado a partir de:

- a. Viga hilera de sección constante 280 x 320 mm
- b. Pares de sección constante de 200 x 250 mm y longitud de 6,95 m cada 1,00 m.
- d. Planchas de panel Thermochip de espesor total 89 mm.
- e. Rastreles de madera de pino de escuadría 20 x 50 mm.
- f. Pizarra.



PAR 200 X 250 mm

Estimación de cargas:

- Cargas permanentes (G_k)

	KN/m ²	KN/m
Pares de 200 x 250 mm*	0,115	0,215
Thermochip	0,211	$0,211 \times 1,00 = 0,390$
Rastreles de madera 20 x 50 mm*		0,0043
Pizarra	0,20	$0,20 \times 1,00 = 0,370$
		TOTAL = 0,979

* Sección de los pares de 200 x 250 mm con intereje de 1,00 m y densidad media $430 \text{ kg/m}^3 = 430 \text{ N/mm}^2$

$$0,20 \times 0,25 \times 430 = 21,50 \text{ kg/m} = 0,215 \text{ KN/m}$$

$$0,215 \text{ KN/m} : 1,85 \text{ m} = 0,115 \text{ KN/m}^2$$

Sección de los rastreles de 20 x 50 mm con densidad media $430 \text{ kg/m}^3 = 430 \text{ N/mm}^2$

$$0,02 \times 0,05 \times 430 = 0,43 \text{ kg/m} = 0,0043 \text{ KN/m}$$

- Cargas variables (q_{uk})

	KN/m ²	KN/m
Sobrecarga de uso	0,50 ⁽¹⁾	0,50 x 1,85 = 0,925
Nieve	0,70	0,30 x 1,85 = 0,555
Viento *	0,92	0,92 x 1,85 = 1,702
		TOTAL = 3,182

Nota:

⁽¹⁾ Cubiertas accesibles únicamente para su conservación según CTE DB SE-AE tabla 3.1

* Según apartado 3.3.2 Acción del viento del CTE DB SE-AE:

$$Q_e = q_b \times C_e \times C_p = 0,50 \times 2,30 \times 0,80 = 0,92$$

C_e : altura punto considerado 9 m, grupo de aspereza III $\rightarrow 2,3$

- Comprobación de la combinación más desfavorable

En cubiertas accesibles únicamente para su conservación, la sobrecarga de uso no se considera concomitante (simultánea) con el resto de acciones variables.

CAPACIDAD PORTANTE E.L.U (situación persistente o transitoria)

1ª Combinación: P + U + N + V (duración media) $\rightarrow K_{mod} = 0,80^{(1)}$

$$G_D = G_k \times \gamma_G + q_{uk} \times \gamma_Q = 0,979 \times 1,350 + 0,925 \times 1,500 = 2,797 \text{ KN/m} \rightarrow 2,797 / 0,80 = 3,496 \text{ KN/m}$$

2ª Combinación: P + N + V + U (duración corta) $\rightarrow K_{mod} = 0,90^{(1)}$

$$G_D = G_k \times \gamma_G + q_{Nk} \times \gamma_Q + q_{Vk} \times \gamma_Q \times \psi_{0,V} = 0,979 \times 1,35 + 0,555 \times 1,50 + 1,702 \times 1,50 \times 0,60 = 3,774 \text{ KN/m} \rightarrow 3,774 / 0,90 = 4,193 \text{ KN/m}$$

3ª Combinación: P + V + U + N (duración corta) $\rightarrow K_{mod} = 0,90^{(1)}$

$$G_D = G_k \times \gamma_G + q_{Vk} \times \gamma_Q + q_{Nk} \times \gamma_Q \times \psi_{0,N} = 0,979 \times 1,35 + 1,702 \times 1,500 + 0,555 \times 1,500 \times 0,50 = 4,379 \text{ KN/m} \rightarrow 4,379 / 0,90 = 4,865 \text{ KN/m}$$

Nota:

⁽¹⁾ el K_{mod} es un factor de modificación de la madera, cuyos valores figuran en la table 2.4 del DB SE-M.

La combinación de acciones más desfavorable es la tercera, por lo tanto ese es el valor de cálculo que se usará para a continuación, hallar el valor del momento y cortante máximos al que está sometido el elemento objeto de cálculo.

Verificar un par de madera de ancho x canto x largo = 20 x 25 x 695 cm.

La correa es un elemento biapoyado con una luz de 6,95 m, por lo que el momento máximo y el cortante serán:

$$M_{y,Ed} = (Q \times L^2) / 8 = (4,379 \text{ KN/m} \times 6,95^2 \text{ m}^2) / 8 = 26,440 \text{ KN}\cdot\text{m} = 26439581 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$V_{Ed} = (Q \times L) / 2 = 15,217 \text{ KN} = 15217 \text{ N}$$

Una vez obtenidos los esfuerzos máximos a los que va a estar sometida la viga, procedemos a la verificación para los E.L.U a flexión y a cortante como sigue:

1) Verificación a flexión del par

$\sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$, siendo:

$\sigma_{m,d}$: tensión de cálculo a flexión

$f_{m,d}$: resistencia de cálculo a flexión

$$\sigma_{m,d} = M_{y,Ed} / W_y = 26439581 \text{ N}\cdot\text{mm} / 3000000 \text{ mm}^3 = 8,813 \text{ N/mm}^2$$

$$W_y = b \times h^2 / 6 = 200 \times 300^2 / 6 = 3000000 \text{ mm}^3$$

$$M_{y,Ed} = 26439581 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{m,d} = K_{mod} \times (f_{m,k} / \gamma_M) = 0,90 \times (32 \text{ N/mm}^2 / 1,25) = 23,04 \text{ N/mm}^2$$

Nota:

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión de la madera que se obtiene del Anejo E apartado E.2 Madera laminada encolada, tabla E.3 del DB SE-M.

γ_M : Coeficiente parcial de seguridad que se obtiene en la tabla 2.3 del apartado 2.2.3 del CTE DB SE-M.

Conclusión:

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 8,813 \text{ N/mm}^2 / 23,04 \text{ N/mm}^2 = 0,383 \leq 1 \rightarrow \text{RESISTE A FLEXIÓN}$$

2) Verificación a corte del par

$\tau_d / f_{v,d} \leq 1$ siendo:

τ_d : tensión tangencial de cálculo

$f_{v,d}$: resistencia de cálculo a cortante (corte paralelo o rodadura)

$$\tau_d = 3 \times V_{Ed} / 2 \times K_{cr} \times A = 3 \times 15217 \text{ N} / 2 \times 0,67 \times (200 \times 300) \text{ mm}^2 = 0,568 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed} = 15217 \text{ N}$$

$$K_{cr}: \text{ para madera laminada encolada en secciones rectangulares} = 0,67$$

$$A = 200 \times 300 = 60000 \text{ mm}^2$$

$$f_{v,d} = K_{mod} \times (f_{v,k} / \gamma_M) = 0,90 \times (3,80 \text{ N/mm}^2 / 1,25) = 2,736 \text{ N/mm}^2$$

Conclusión:

$$\tau_d / f_{v,d} = 0,568 \text{ N/mm}^2 / 2,736 \text{ N/mm}^2 = 0,208 \leq 1 \rightarrow$$

RESISTE A CORTE

Comprobaciones para el ELS:

3) Cálculo de la flecha

$$F_{m\acute{a}x} = (5 \times Q \times L^4) / (384 \times E \times I) + (1,2 \times Q \times L^2) / (8 \times G \times A)$$

$$L = 6,95 \text{ m} = 6950 \text{ mm}$$

$$E = 13,7 \text{ KN/mm}^2 = 13700 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 200 \times 300 = 60000 \text{ mm}^2$$

$$I = 200 \times 300^3 / 12 = 450000000 \text{ mm}^4$$

$$G = 0,85 \text{ KN/mm}^2 = 850 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{m\acute{a}x} = (5 \times 6950^4 \times Q) / (384 \times 13700 \times 450000000) + (1,2 \times Q \times 6950^2) / (8 \times 850 \times 60000) =$$

$$= 4,928 Q + 0,142 Q = 5,070 \cdot Q \text{ mm}^2/\text{N}$$

➔ Flecha para cargas permanentes:

$$f_{i,G} = 5,070 \cdot Q = 5,070 \text{ mm}^2/\text{N} \times 1,044 \text{ N/mm} = 5,293 \text{ mm}$$

$$f_{dif,G} = f_{i,G} \times \psi_{2,G} \times k_{def} = 5,293 \times 1,000 \times 0,600 = 3,176 \text{ mm}$$

➔ Flecha para cargas variables

USO

$$f_{i,U} = 5,070 \cdot Q = 5,070 \text{ mm}^2/\text{N} \times 0,925 \text{ N/mm} = 4,690 \text{ mm}$$

NIEVE

$$f_{i,N} = 5,070 \cdot Q = 5,070 \text{ mm}^2/\text{N} \times 0,555 \text{ N/mm} = 2,814 \text{ mm}$$

VIENTO

$$f_{i,V} = 5,070 \cdot Q = 5,070 \text{ mm}^2/\text{N} \times 1,702 \text{ N/mm} = 8,629 \text{ mm}$$

A continuación, una vez calculadas las deformaciones que producen las cargas sobre el pontón, se verificará que cumplan los valores de cálculo con los establecidos en el CTE DB SE-AE en su apartado 4.3.3.1 Flechas.

Combinación característica ➔ integridad de los elementos ➔ flecha activa (considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento)

$$\Sigma G_K + Q_{K,1} + \Sigma Q_{K,i} \times \psi_{0,i}$$

$$3^a \text{ combinación: } P+V + N: G_K + q_{V,k} + q_{Nk} \times \psi_{0,N}$$

$$F_T = f_{i,G} + f_{dif,G} + f_{i,V} + f_{i,N} \times \psi_{0,N} = 5,293 + 3,176 + 8,629 + 2,814 \times 0,500 = 18,505 \text{ mm}$$

$$Fact \leq L/300 = 6950 \text{ mm} / 300 = 23,167 \text{ mm}$$

18,505 mm ≤ 23,167 mm → CUMPLE

Combinación frecuente → confort usuarios → flecha aparente (medida desde el eje teórico de la barra)

$$\Sigma G_K + Q_{U,1} \times \psi_{1,i} + \Sigma Q_{K,i} \times \psi_{2,i}$$

3ª combinación: P+V + N: $G_K + q_{V,k} \times \psi_{1,V} + q_{Nk} \times \psi_{2,N}$

$$F_T = f_{i,G} + f_{dif,G} + f_{i,V} \times \psi_{1,V} + f_{i,N} \times \psi_{2,N}$$

$$F_T = 5,293 \text{ mm} + 3,176 \text{ mm} + 8,629 \text{ mm} \times 0,50 + 2,814 \text{ mm} \times 0 = 12,784 \text{ mm}$$

$$Fap \leq L/350 = 6950 \text{ mm} / 350 = 19,857 \text{ mm}$$

12,784 mm ≤ 19,857 mm → CUMPLE

Combinación casi permanente → apariencia de la obra → flecha aparente (medida desde el eje teórico de la barra)

$$\Sigma G_K + \Sigma Q_{K,i} \times \psi_{2,i}$$

3ª combinación: P+V + N: $G_K + q_{V,k} \times \psi_{2,V} + q_{N,k} \times \psi_{2,N}$

$$F_T = f_{i,G} + f_{dif,G} + f_{i,V} \times \psi_{2,V} + q_{N,k} \times \psi_{2,N}$$

$$F_T = 5,293 \text{ mm} + 3,176 \text{ mm} + 8,629 \text{ mm} \times 0 + 2,814 \text{ mm} \times 0 = 8,469 \text{ mm}$$

$$Fap \leq L / 300 = 6950 \text{ mm} / 300 = 23,167 \text{ mm}$$

8,469 mm ≤ 23,167mm → CUMPLE

4.3. Seguridad en caso de incendio

1.	Seguridad en caso de incendio	2
1.1.	SI 1 – Propagación interior	2
1.1.1.	Compartimentación en sectores de incendios.....	2
1.1.2.	Locales y zonas de riesgo especial	3
1.1.3.	Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios.	3
1.1.4.	Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y mobiliario.	3
1.2.	S2 Propagación exterior.....	3
1.2.1.	Medianerías y fachadas	3
1.2.2.	Cubiertas	4
1.3.	S3 Evacuación de ocupantes	4
1.3.1.	Cálculo de la ocupación	4
1.3.2.	Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación	4
1.3.3.	Dimensionado de los medios de evacuación	5
1.3.4.	Protección de las escaleras	5
1.3.5.	Puertas situadas en recorridos de evacuación	5
1.3.6.	Señalización de los medios de evacuación.....	5
1.3.7.	Control de humo de incendio	5
1.3.8.	Evacuación de personas con discapacidad en caso de incendio	6
1.4.	S4 Instalaciones de protección contra incendios	6
1.4.1.	Dotación de instalaciones de protección contra incendios	6
1.5.	S5 Intervención de los bomberos.....	6
1.6.	S6 Resistencia al fuego de la estructura	7

1. Seguridad en caso de incendio

El objetivo del requisito básico “seguridad en caso de incendio” consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

Exigencia básica SI 1 – Propagación interior

Exigencia básica SI 2 – Propagación exterior

Exigencia básica SI 3 – Evacuación de ocupantes

Exigencia básica SI 4 – Instalaciones de protección contra incendios

Exigencia básica SI 5 – Intervención de bomberos

Exigencia básica SI 6 – Resistencia al fuego de la estructura

El Documento Básico DB-SI especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio.

La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente y, por ende, la correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico de Seguridad en caso de incendio.

1.1. SI 1 – Propagación interior

1.1.1. Compartimentación en sectores de incendios

Se debe compartimentar el edificio en sectores de incendio según las condiciones de la tabla 1.1. del SI 1. Los elementos separadores de sectores de incendio tendrán una resistencia al fuego conforme a la tabla 1.2.

USO PREVISTO: Residencial Vivienda			
Superficie construida		Resistencia al fuego de las zonas limitadoras del sector	
Exigencia CTE	Prestación Proyecto	Exigencia CTE	Prestación Proyecto
< 2.500 m ²	Único sector de incendio	EI 60	Estructura portante R90 Paredes EI 90 Techos REI 90

1.1.2.Locales y zonas de riesgo especial

Los locales y zonas de riesgo especial integrados en los edificios se clasifican conforme a los grados de riesgo alto, medio y bajo según los criterios que se establecen en la tabla 2.1. Los locales y las zonas así clasificados deben cumplir las condiciones que se establecen en la tabla 2.2.

A los efectos de este DB se excluyen los equipos situados en las cubiertas de los edificios, aunque estén protegidos mediante elementos de cobertura.

ZONA DE RIESGO ESPECIAL				
Local o zona	Superficie (m ²)	Nivel de riesgo	Resistencia al fuego del elemento compartimentador	
			Paredes y techos	Puertas
Aparcamiento	53,50	Bajo	EI 90	EI2 45-C5
Sala de calderas	6,15	Medio	EI 120	EI 30-C5
Notas: (1) Evacuación de un garaje exclusivo de una vivienda unifamiliar. El portón para vehículos no es una salida válida para personas. Tiene que haber una salida mediante una puerta abatible, de eje vertical y de al menos 80 cm de anchura, la cual puede estar instalada sobre el portón para vehículos, sea éste motorizado o no.				

1.1.3.Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios.

No aplicable a interiores de vivienda.

1.1.4.Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y mobiliario.

No aplicable a interiores de vivienda.

1.2. S2 Propagación exterior

1.2.1.Medianerías y fachadas

No aplicable, puesto que se trata de un edificio aislado, sin distintos sectores de incendio en su interior.

1.2.2.Cubiertas

No aplicable, puesto que se trata de un edificio aislado, sin distintos sectores de incendio en su interior.

1.3. S3 Evacuación de ocupantes

El edificio dispondrá de los medios de evacuación adecuados para que los ocupantes puedan abandonarlo o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad.

1.3.1.Cálculo de la ocupación

Para el cálculo de la ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 en función de la superficie útil en cada zona, salvo cuando sea previsible una mayor ocupación. Según la tabla 2.1 para uso de residencial vivienda la ocupación será de 20m²/persona.

A efectos de determinar la ocupación se debe tener en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las diferentes zonas de un edificio, considerando el régimen de actividad y de uso previsto para el mismo.

Recinto, planta, sector	Uso previsto	S. Útil (m ²)	Densidad de ocupación (m ² /pers.)	Ocupación (pers.)
Vivienda	Residencial vivienda	170,20	20	7

1.3.2.Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación

Se indica en la tabla 3.1 el número de salidas que debe haber en cada caso como mínimo será como la longitud de los recorridos de evacuación.

Disponemos de 3 salidas en la planta baja (una en cada pasillo y otra en la cocina). Hacia ninguna de ellas el recorrido de evacuación supera los 50 m.

Recinto, planta, sector	Uso previsto	S. Útil (m ²)	Nº Salidas		Recorridos de evacuación	
			CTE	Proyecto	CTE	Proyecto
Vivienda	Residencial vivienda	170,20	1	3	≤ 50 m	Cumple

1.3.3.Dimensionado de los medios de evacuación

El dimensionado de los elementos de evacuación debe realizarse conforme a lo que se indica en la tabla 4.1:

Tipo de elemento	Dimensionado	
	Norma	Proyecto
Puertas y pasos	$A \geq P / 200 \geq 0,80 \text{ m}$	CUMPLE
Pasillos	$A \geq P / 200 \geq 1,00 \text{ m}$	CUMPLE
Escaleras no protegidas	$A \geq P / 160$	CUMPLE
<p>Siendo:</p> <p>A = anchura del elemento (m).</p> <p>P = Número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.</p>		

1.3.4.Protección de las escaleras

Cumplirán lo especificado en la tabla 5.1 donde se indican las condiciones de protección que deben cumplir las escaleras previstas para evacuación.

1.3.5.Puertas situadas en recorridos de evacuación

No exigible a edificio residencial vivienda.

1.3.6.Señalización de los medios de evacuación

No exigible a edificio residencial vivienda.

1.3.7.Control de humo de incendio

No se ha previsto en el edificio ningún sistema de control del humo de incendio, por no existir en él ninguna zona correspondiente a los usos recogidos en el apartado 8 (DB SI 3):

- Zonas de uso Aparcamiento que no tengan la consideración de aparcamiento abierto.
- Establecimientos de uso Comercial o Pública Concurrencia cuya ocupación exceda de 1.000 personas.
- Atrios, cuando su ocupación, en el conjunto de las zonas y plantas constituyan un mismo sector de incendio, exceda de 500 personas, o bien

cuando esté prevista su utilización para la evacuación de más de 500 personas.

1.3.8. Evacuación de personas con discapacidad en caso de incendio

No se ha previsto la posibilidad de paso a un sector de incendio alternativo mediante una salida de planta accesible o de una zona de refugio para personas con discapacidad por no encontrarse el edificio entre los casos recogidos en el apartado 9 (DB SI 3).

1.4. S4 Instalaciones de protección contra incendios

1.4.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios

No se ha previsto ningún equipo y/o instalación de protección contra incendios por no cumplir las condiciones exigidas en la tabla 1.1 para el uso previsto.

Dotación de las instalaciones de protección contra incendios en los sectores de incendio		
Uso previsto	Condiciones	Proyecto
Residencial vivienda	Columna seca: si la altura de evacuación excede de 24 m	NO
	Sistema de detección y alarma de incendio: si la altura de evacuación excede de 50 m	NO
	Hidrantes exteriores: uno si la superficie total construida está comprendida entre 5.000 y 10.000 m ² . Uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción	NO

1.5. S5 Intervención de los bomberos

Como la altura de la evacuación del edificio (0,00 m) es inferior a 9 m, según el punto 1.2 (CTE DB SI 5) no es necesario justificar las condiciones de accesibilidad por fachada para el personal de servicio de extinción de incendio; tampoco se precisa la justificación de las condiciones del vial de aproximación, ni del espacio de maniobra para los bomberos, a disponer en las fachadas donde se sitúan los accesos al edificio.

1.6. S6 Resistencia al fuego de la estructura

La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio en un edificio afecta a su estructura de dos formas diferentes. Por un lado, los materiales ven afectadas sus posibilidades, modificándose de forma importante su capacidad mecánica. Por otro, aparecen acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos, que generalmente dan lugar a tensiones que suman a las debidas a otras acciones.

Se admite que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante t , no supera el valor de la resistencia de dicho elemento.

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada de tiempo temperatura, o soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el anejo B.

Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales				
Sector o local de riesgo especial (1)	Material estructural (2)			Resistencia al fuego de elementos estructurales (3)
	Soportes	Vigas	Forjados	
Planta baja	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R30
Planta alta	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R30
Planta de cubierta	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R30
<p>Notas:</p> <p>(1) Sector de incendio, zona de riesgo especial o zona protegida de mayor limitación en cuanto al tiempo de resistencia al fuego requerido a sus elementos estructurales. Los elementos estructurales interiores de una escalera protegida o de un pasillo protegido serán como mínimo R30.</p> <p>Quando se trate de escaleras especialmente protegidas no es necesario comprobar la resistencia al fuego de los elementos estructurales.</p> <p>(2) Se define el material estructural empleado en cada uno de los elementos estructurales principales (soportes, vigas, forjados, losas, tirantes, etc.).</p>				

- (3) La resistencia al fuego de un elemento se establece comprobando las dimensiones de su sección transversal, obteniendo su resistencia por los métodos simplificados de cálculo dados en los Anejos C a F (CTE DB SI Seguridad en caso de incendio), aproximados para la mayoría de las situaciones habituales.

Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales				
Sector o local de riesgo especial (1)	Material estructural (2)			Resistencia al fuego de elementos estructurales (3)
	Soportes	Vigas	Forjados	
Alpendre 1	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R90
Sala de calderas	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R90
Alpendre 2	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R90
Gallinero	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R90
<p>Notas:</p> <p>(1) Sector de incendio, zona de riesgo especial o zona protegida de mayor limitación en cuanto al tiempo de resistencia al fuego requerido a sus elementos estructurales. Los elementos estructurales interiores de una escalera protegida o de un pasillo protegido serán como mínimo R30.</p> <p>Quando se trate de escaleras especialmente protegidas no es necesario comprobar la resistencia al fuego de los elementos estructurales.</p> <p>(2) Se define el material estructural empleado en cada uno de los elementos estructurales principales (soportes, vigas, forjados, losas, tirantes, etc.).</p> <p>(3) La resistencia al fuego de un elemento se establece comprobando las dimensiones de su sección transversal, obteniendo su resistencia por los métodos simplificados de cálculo dados en los Anejos C a F (CTE DB SI Seguridad en caso de incendio), aproximados para la mayoría de las situaciones habituales.</p>				

4.4. Seguridad de utilización y accesibilidad

1	Seguridad de utilización y accesibilidad	2
1.1	SUA 1 – Seguridad frente al riesgo de caídas.....	2
1.1.1	Resbaladicidad de los suelos	2
1.1.2	Desniveles.....	3
1.1.3	Escaleras y rampas	4
1.1.4	Limpieza de los acristalamientos exteriores.....	6
1.2	SUA 2 – Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento	7
1.2.1	Impacto	7
1.3	SUA 3 – Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento	8
1.4	SUA 4 – Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.....	8
1.4.1	Alumbrado en zonas de circulación	8
1.4.2	Alumbrado de emergencia.....	8
1.5	SUA 5 – Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación.....	9
1.6	SUA 6 – Seguridad frente al riesgo de atrapamiento.....	9
1.6.1	Piscinas.....	9
1.6.2	Pozos y depósitos.....	9
1.7	SUA 7 – Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento.....	9
1.8	SUA 8 – Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo .	10
	
1.8.1	Procedimiento de verificación	10
1.8.2	Descripción de la instalación	11
1.9	SUA 9 – Accesibilidad	11
1.9.1	Condiciones de accesibilidad	11

1 Seguridad de utilización y accesibilidad

1.1 SUA 1 – Seguridad frente al riesgo de caídas

Se limitará el riesgo de que los usuarios sufran caídas para lo cual los suelos serán adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad. Asimismo se limitará el riesgo de caídas en huecos, en cambios de nivel y en escaleras y rampas, facilitándose la limpieza de los acristalamientos exteriores en condiciones de seguridad.

El Documento Básico DB-SI especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio.

La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente y, por ende, la correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico de Seguridad en caso de incendio.

1.1.1 Resbaladidad de los suelos

Con el fin de limitar el riesgo de resbalamiento, los suelos de los edificios o zonas de uso Residencial Público, Sanitario, Docente, Comercial, Administrativo y Pública Concurrencia, excluidas las zonas de ocupación nula definidas en el anejo SI A del DB SI, tendrán una clase adecuada conforme al punto 3 de este apartado.

Los suelos se clasifican, en función de su valor de resistencia al deslizamiento R_d , de acuerdo con lo establecido en la tabla 1.1:

Resistencia al deslizamiento R_d	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

El valor de resistencia al deslizamiento R_d se determina mediante el ensayo del péndulo descrito en el Anejo A de la UNE-EN 12633:2003 empujando la escala C en probetas sin desgaste acelerado. La muestra seleccionada será representativa de las condiciones más desfavorables de resbaladidad.

La tabla 1.2 indica la clase que deben tener los suelos, como mínimo, en función de su colocación. Dicha clase se mantendrá durante la vida útil del pavimento.

Clase exigible a los suelos en función de su localización	CLASE	
Localización y características del suelo	NORMA	PROYECTO
Zonas interiores secas con pte < 6%	1	1

Zonas interiores secas con pendiente $\geq 6\%$ y escaleras	2	2
Zonas interiores húmedas (entrada al edificio, cocinas, etc.) con pte $< 6\%$	2	2
Zonas exteriores húmedas (entrada al edificio, cocinas, etc.) con pte $\geq 6\%$	3	3
Zonas exteriores. Piscinas. Duchas	3	No procede

Con el fin de limitar el riesgo de caídas como consecuencia de traspies o de tropiezos, el suelo debe cumplir las condiciones siguientes:

- No tendrá juntas que presenten un resalto de más de 4 mm. Los elementos salientes del nivel del pavimento, puntuales y de pequeña dimensión (por ejemplo, los cerraderos de puertas) no deben sobresalir del pavimento más de 12 mm y el saliente que exceda de 6 mm en sus caras enfrentadas al sentido de circulación de las personas no debe formar un ángulo con el pavimento que exceda de 45° .
- Los desniveles que no excedan de 5 cm se resolverán con una pendiente que no exceda el 25%;
- En zonas para circulación de personas, el suelo no presentará perforaciones o huecos por los que pueda introducirse una esfera de 1,5 cm de diámetro.

1.1.2 Desniveles

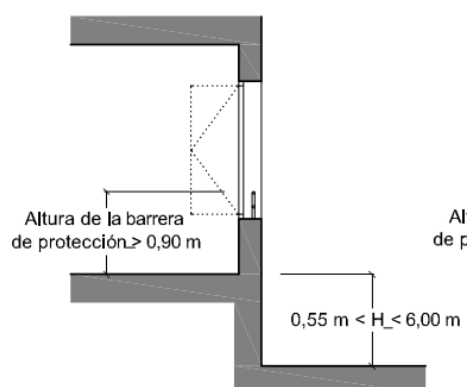
Protección de los desniveles

Con el fin de limitar el riesgo de la caída, existirán barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas (tanto horizontales como verticales) balcones, ventanas, etc. Con una diferencia de cota mayor que 55 cm, excepto cuando la disposición constructiva haga muy improbable la caída o cuando la barrera sea incompatible con el uso previsto.

Características de las barreras de protección

- Altura: las barreras de protección tendrán, como mínimo, una altura de 0,90 m cuando la diferencia de cota que protegen no exceda de 6 m.

La altura se medirá verticalmente desde el nivel del suelo o, en el caso de las escaleras, desde la línea de inclinación definida por los vértices de los peldaños, hasta el límite superior de la barrera.



- b) Resistencia: las barreras de protección tendrán una resistencia y una rigidez suficiente para resistir la fuerza horizontal establecida en el apartado 3.2.1 del Documento Básico SE-AE, en función de la zona en que se encuentren.
- c) Características constructivas: En cualquier zona de los edificios de uso Residencial, las barreas de protección, incluidas las de las escaleras y rampas, estarán diseñadas de forma que:
- En la altura comprendida entre 30 cm y 50 cm sobre el nivel del suelo o sobre la línea de inclinación de una escalera no existirán puntos de apoyo, incluidos salientes sensiblemente horizontales con más de 5 cm de saliente. En la altura comprendida entre 50 y 80 cm sobre el nivel del suelo no existirán salientes que tengan una superficie sensiblemente horizontal con más de 15 cm de fondo.
 - No tengan aberturas que puedan ser atravesadas por una esfera de 10 cm de diámetro.

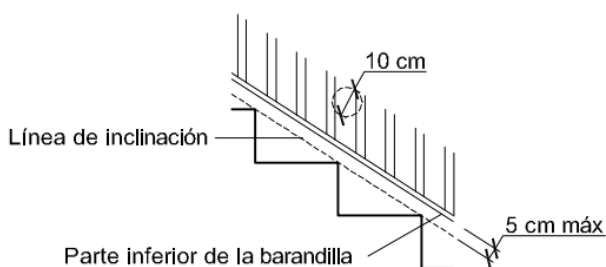


Figura 3.2 Línea de inclinación y parte inferior de la barandilla

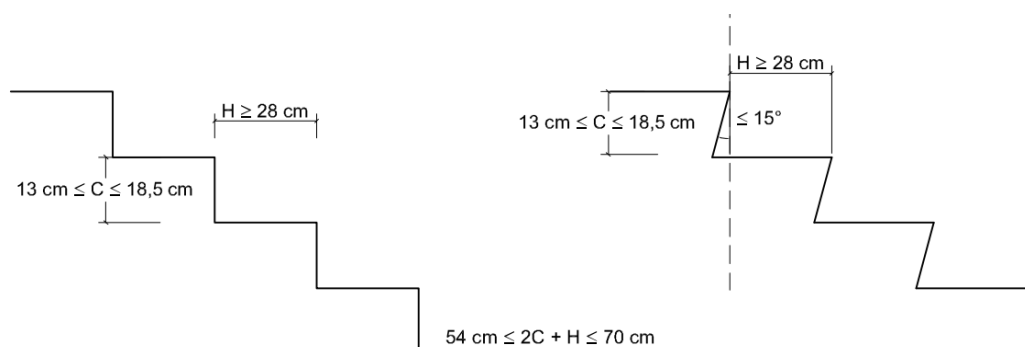
1.1.3 Escaleras y rampas

Escaleras de uso general

Peldaños

	NORMA	PROYECTO
Huella	≥ 28 cm	28 cm
Contrahuella	$13 \text{ cm} \leq C \leq 18 \text{ cm}$	17,5 cm

Contrahuella	$54\text{ cm} \leq 2C + H \leq 70\text{ cm}$	Cumple
--------------	--	--------



Tramos

	NORMA	PROYECTO
Número mínimo de peldaños por tramo	3	5
Altura máxima a salvar por cada tramo	$\leq 3,20\text{ m}$	3,05 m
En una misma escalera todos los peldaños tendrán la misma contrahuella		Cumple
En tramos rectos todos los peldaños tendrán la misma huella		Cumple
En tramos curvos (todos los peldaños tendrán la misma huella media a lo largo de toda línea equidistante de uno de los lados de la escalera).		-
En tramos mixtos, la huella medida en el eje del tramo en las partes curvas no será menor que la huella en las partes rectas		-

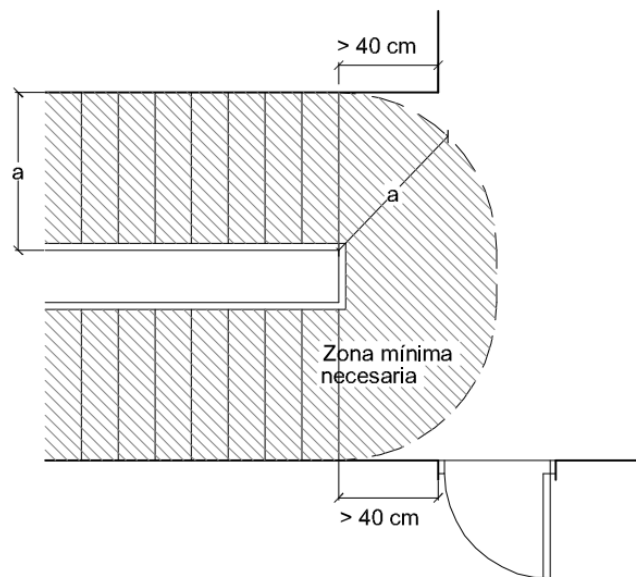
Anchura útil del tramo (libre de obstáculos)

	NORMA	PROYECTO
Residencial	1000 mm	1000 mm

Mesetas

Entre tramos de una escalera con cambios de dirección:

	NORMA	PROYECTO
Anchura de las mesetas	\geq anchura escalera	Cumple
Longitud de las mesetas (medidas en su eje)	$\geq 1000\text{ mm}$	1000 mm



Pasamanos

Pasamanos continuo:

	NORMA	PROYECTO
Obliga torio en un lado de la escalera	Cuando salven altura ≥ 550 mm	Sí
Obligatorio en ambos lados de la escalera	Cuando ancho ≥ 1200 mm	No
Altura del pasamanos	$900 \text{ mm} \leq H \leq 1100 \text{ mm}$	1,00 m

1.1.4 Limpieza de los acristalamientos exteriores

En edificios de uso Residencial Vivienda, los acristalamientos que se encuentren a una altura de más de 6 m sobre la rasante exterior con vidrio transparente cumplirán las condiciones que se indican a continuación, salvo cuando sean practicables o fácilmente desmontables, permitiendo su limpieza desde el interior:

Toda la superficie interior y exterior del acristalamiento se encontrará comprendida en un radio $r \leq 850$ mm desde algún punto del borde de la zona practicable h máx ≤ 1300 mm	Cumple Ver planos de alzados, secciones y memorias de carpintería
En acristalamientos invertidos, dispositivo de bloqueo en posición invertida	No procede

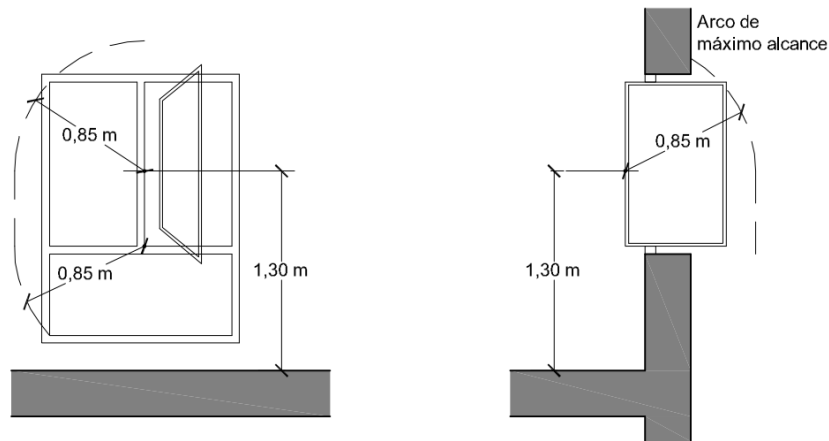


Figura 5.1 Limpieza de acristalamientos desde el interior

1.2 SUA 2 – Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento

1.2.1 Impacto

Cuando las puertas de un recinto tengan dispositivo para su bloqueo desde el interior y las personas puedan quedar accidentalmente atrapadas dentro del mismo, existirá algún sistema de desbloqueo de las puertas desde el exterior del recinto. Excepto en el caso de los baños o los aseos de viviendas, dichos recintos tendrán iluminación controlada desde su interior.

En zonas de uso público, los aseos accesibles y cabinas de vestuarios accesibles dispondrán de un dispositivo en el interior fácilmente accesible, mediante el cual se transmita una llamada de asistencia perceptible desde un punto de control y que permita al usuario verificar que su llamada ha sido recibida, o perceptible desde un paso frecuente de personas.

La fuerza de apertura de las puertas de salida será de 140 N, como máximo, excepto en las situadas en itinerarios accesibles, en las que se aplicará lo establecido en la definición de los mismos en el anejo A Terminología (como máximo 25 N, en general 65 N cuando sean resistentes al fuego).

Para determinar la fuerza de maniobra de apertura y cierre de las puertas de maniobra manual batientes/pivotantes y deslizantes equipadas con pestillos de media vuelta y destinadas a ser utilizadas por peatones (excluidas puertas con sistema de cierre automático y puertas equipadas con herrajes especiales, como por ejemplo los dispositivos de salida de emergencia) se empleará el método de ensayo especificado en la norma UNE-EN 12046-2:2000.

1.3 SUA 3 – Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento

- Cuando las puertas de un recinto tengan dispositivo para su bloqueo desde el interior y las personas puedan quedar accidentalmente atrapadas dentro del mismo, existirá algún sistema de desbloqueo de las puertas desde el exterior del recinto. Excepto en el caso de los baños o los aseos de viviendas, dichos recintos tendrán iluminación controlada desde su interior.
- En zonas de uso público, los aseos accesibles y cabinas de vestuarios accesibles dispondrán de un dispositivo en el interior fácilmente accesible, mediante el cual se transmita una llamada de asistencia perceptible desde un punto de control y que permita al usuario verificar que su llamada ha sido recibida, o perceptible desde un paso frecuente de personas.
- La fuerza de apertura de las puertas de salida será de 140 N, como máximo, excepto en las situadas en itinerarios accesibles, en las que se aplicará lo establecido en la definición de los mismos en el anejo A Terminología (como máximo 25 N, en general 65 N cuando sean resistentes al fuego).
- Para determinar la fuerza de maniobra de apertura y cierre de las puertas de maniobra manual batientes/pivotantes y deslizantes equipadas con pestillos de media vuelta y destinadas a ser utilizadas por peatones (excluidas puertas con sistema de cierre automático y puertas equipadas con herrajes especiales, como por ejemplo los dispositivos de salida de emergencia) se empleará el método de ensayo especificado en la norma UNE-EN 12046-2:2000.

1.4 SUA 4 – Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada

1.4.1 Alumbrado en zonas de circulación

Se limitará el riesgo de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación de los edificios, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencias de fallo del alumbrado normal.

Zona			Iluminación mínima (lux)	
			Norma	Proyecto
Interior	Exclusiva para personas	Escaleras	100	Cumple
		Resto zonas		
Factor de uniformidad media mínimo			40%	Cumple

1.4.2 Alumbrado de emergencia

Dotación

Los edificios dispondrán de un alumbrado de emergencia que, en caso de fallo del alumbrado normal, suministre la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios de manera que puedan abandonar el edificio, evite las situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes.

Para el uso previsto no es necesario dotar a la vivienda de alumbrado de emergencia pues no lo prescribe en el apartado 2.1.

1.5 SUA 5 – Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación

Las condiciones establecidas en esta sección no son de aplicación a los graderíos de estadios, pabellones polideportivos, centros de reunión, otros edificios de uso cultural, etc. previstos para más de 3.000 espectadores de pie. En todo lo relativo a las condiciones de evacuación les es también de aplicación la sección SI 3 del Documento Básico DB-SI.

Por lo tanto, no es de aplicación en este proyecto.

1.6 SUA 6 – Seguridad frente al riesgo de atrapamiento

1.6.1 Piscinas

Esta sección es aplicable a las piscinas de uso colectivo, salvo a las destinadas exclusivamente a competición o a enseñanza, las cuales tendrán las características propias de la actividad que se desarrolle.

Quedan excluidas las piscinas de viviendas unifamiliares, así como baños termales, los centros de tratamiento de hidroterapia y otros dedicados a usos exclusivamente médicos, los cuales cumplirán lo dispuesto en su reglamentación específica.

Por lo tanto, no es de aplicación en este proyecto.

1.6.2 Pozos y depósitos

Los pozos, depósitos o conducciones abiertas que sean accesibles a personas y presenten riesgo de ahogamiento estarán equipados con sistemas de protección, tales como tapas o rejillas, con la suficiente rigidez y resistencia, así como con cierres que impidan su apertura por personal no autorizado.

1.7 SUA 7 – Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento

Esta sección es aplicable a las zonas de uso Aparcamiento, así como a las vías de circulación de vehículos existentes en los edificios, con excepción de los aparcamientos de viviendas unifamiliares.

Por lo tanto, no es de aplicación en este proyecto.

1.8 SUA 8 – Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo

1.8.1 Procedimiento de verificación

Será necesarias la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos (N_e) sea mayor que el riesgo admisible (N_a), excepto cuando la eficiencia 'E' esté comprendida entre 0 y 0,8.

Cálculo de la frecuencia esperada de impactos (N_e)

$$N_e = N_g A_e C_1 10^{-6} \text{ [nº impactos/año]}$$

Siendo

N_g : Densidad de impactos sobre el terreno (impactos/año, km^2).

A_e : Superficie de captura equivalente del edificio aislado en m^2 .

C_1 : Coeficiente relacionado con el entorno.

N_g (Palas de Rei) = 2,00 impactos/año, km^2 A_e = 5.432 m^2 C_1 (aislado) = 1,00 N_e = 0,0091 impactos/año
--

Cálculo del riesgo admisible (N_a)

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3}$$

Siendo

C_2 : Coeficiente en función del tipo de construcción

C_3 : Coeficiente en función del contenido del edificio

C_4 : Coeficiente en función del uso del edificio

C_5 : Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio.

C_2 (estructura de madera/cubierta de madera) = 3,00 C_3 (otros contenidos) = 1,00 C_4 (resto de edificios) = 1,00 C_5 (resto de edificios) = 1,00 N_a = 0,0018 impactos/año
--

Verificación

Altura del edificio = 8,69 m \leq 43,00 m N_e = 0,0091 > N_a = 0,0018 impactos/año

1.8.2 Descripción de la instalación

Nivel de protección

Conforme a lo establecido en el apartado anterior, se determina que no es necesario disponer una instalación de protección contra el rayo. El valor mínimo de la eficiencia 'E' de dicha instalación se determina mediante la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e}$$

$N_a = 0,0018$ impactos/año $N_e = 0,0091$ impactos/año $E = 0,786$

Como:

$0 \leq 0,786 < 0,80$

Nivel de protección: IV

No es necesario instalar un sistema de protección contra el rayo
--

1.9 SUA 9 – Accesibilidad

1.9.1 Condiciones de accesibilidad

En el presente proyecto se cumplen las condiciones funcionales y de dotación de elementos accesibles contenidas en el Documento Básico DB-SUA 9, con el fin de facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad.

El edificio está destinado a vivienda unifamiliar para particulares, por lo que el cumplimiento de esta normativa no es obligatorio. Aún así queda claro que todos los usuarios son personas de movilidad reducida potenciales, por lo que está bien que dado ese caso se prevea que estas personas puedan tener una mínima calidad de vida dentro de la vivienda a rehabilitar.

Condiciones funcionales

Accesibilidad en el exterior del edificio

La parcela dispondrá al menos de un itinerario accesible que comunique una entrada principal al edificio y el conjunto de viviendas unifamiliares una entrada a la zona privativa de cada vivienda, con la vía pública y con las zonas comunes exteriores propias.

Accesibilidad entre plantas del edificio

La accesibilidad entre plantas no está asegurada. Pero en la planta baja hay un baño y dormitorio contando con acceso a cocina, comedor y salón sin ningún tipo de barrera arquitectónica.

4.5. Salubridad

1.	HS1 – Protección frente a la humedad	2
1.1.	Suelos	2
1.1.1.	Grado de impermeabilidad	2
1.1.2.	Condiciones de las soluciones constructivas.....	2
1.1.3.	Puntos singulares de los suelos.....	3
1.2.	Fachadas y medianeras descubiertas	3
1.2.1.	Grado de impermeabilidad	3
1.2.2.	Condiciones de las soluciones constructivas.....	4
1.2.3.	Puntos singulares de las fachadas.....	5
1.3.	Cubiertas inclinadas.....	11
1.3.1.	Condiciones de las soluciones constructivas.....	11
1.3.2.	Puntos singulares de las cubiertas inclinadas.....	17
2.	HS2 – Recogida y evacuación de residuos	21
3.	HS3 – Calidad del aire interior	22
3.1.	Viviendas	22
3.1.1.	Ventilación híbrida	22
3.2.	Conductos de ventilación	24
3.2.1.	Ventilación híbrida	24
3.3.	Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores.....	26
3.3.1.	Viviendas.....	26
4.	HS4 – Suministro de agua	27
4.1.	Características de la instalación.....	27
4.1.1.	Acometidas.....	27
4.1.2.	Tubos de alimentación.....	27
4.1.3.	Instalaciones particulares	28
4.1.4.	Aislamiento térmico	30
5.	HS5 – Evacuación de aguas	32
5.1.	Diseño.....	32
5.2.	Dimensionado	33
5.2.1.	Red de aguas residuales.....	33
5.2.2.	Red de aguas pluviales	38
5.2.3.	Colectores mixtos.....	42

1. HS1 – Protección frente a la humedad

1.1. Suelos

1.1.1. Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos que están en contacto con el terreno se obtiene mediante la tabla 2.3 de CTE DB HS 1, en función de la presencia de agua y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

La presencia de agua depende de la posición relativa de cada suelo en contacto con el terreno respecto al nivel freático.

Coeficiente de permeabilidad del terreno:	$K_s: 1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}^{(1)}$
Notas: ⁽¹⁾ Este dato se obtiene del informe geotécnico.	

1.1.2. Condiciones de las soluciones constructivas

SOLERA VENTILADA TIPO CAVITI	C2+C3
-------------------------------------	--------------

ENCACHADO, MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE, SOLERA H Y CASETONES TIPO CAVITI

Presencia de agua:	Baja
Grado de impermeabilidad:	2⁽¹⁾
Tipo de suelo:	Placa⁽²⁾
Tipo de intervención en el terreno:	Subbase⁽³⁾
Notas: ⁽¹⁾ Este dato se obtiene de la tabla 2.3, apartado 2.2 de DB HS 1 Protección frente a la humedad. ⁽²⁾ Solera armada para resistir mayores esfuerzos de flexión como consecuencia, entre otros, del empuje vertical del agua freática. ⁽³⁾ Capa de bentonita de sodio sobre hormigón de limpieza dispuesta debajo del suelo.	

Constitución del suelo:

C2 Cuando el suelo se construya in situ debe utilizarse hormigón de retracción moderada.

C3 Debe realizarse una hidrofugación complementaria del suelo mediante la aplicación de un producto líquido colmatador de poros sobre la superficie terminada del mismo.

1.1.3. Puntos singulares de los suelos

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

Encuentros del suelo con los muros:

- En los casos establecidos en la tabla 2.4 de DB HS 1 Protección frente a la humedad, el encuentro debe realizarse de la forma detallada a continuación.
- Cuando el suelo y el muro sean hormigonados in situ, excepto en el caso de muros pantalla, debe sellarse la junta entre ambos con una banda elástica embebida en la masa del hormigón a ambos lados de la junta.

Encuentros entre suelos y particiones interiores:

- Cuando el suelo se impermeabilice por el interior, la partición no debe apoyarse sobre la capa de impermeabilización, sino sobre la capa de protección de la misma.

1.2. Fachadas y medianeras descubiertas

1.2.1. Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas se obtiene de la tabla 2.5 de CTE DB HS 1, en función de la zona pluviométrica de promedios y del grado de exposición al viento correspondientes al lugar de ubicación del edificio, según las tablas 2.6 y 2.7 de CTE DB HS 1.

Clase del entorno en el que está situado el edificio:	E0⁽¹⁾
Zona pluviométrica de promedios:	II⁽²⁾
Altura de coronación del edificio sobre el terreno:	5.1 m⁽³⁾
Zona eólica:	C⁽⁴⁾
Grado de exposición al viento:	V2⁽⁵⁾
Grado de impermeabilidad:	4⁽⁶⁾

Notas:

⁽¹⁾ Clase de entorno del edificio E0(Terreno tipo III: Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados tales como árboles o construcciones pequeñas).

⁽²⁾ Este dato se obtiene de la figura 2.4, apartado 2.3 de DB HS 1 Protección frente a la humedad.

⁽³⁾ Para edificios de más de 100 m de altura y para aquellos que están próximos a un desnivel muy pronunciado, el grado de exposición al viento debe ser estudiada según lo dispuesto en DB SE-AE.

⁽⁴⁾ Este dato se obtiene de la figura 2.5, apartado 2.3 de HS1, CTE.

⁽⁵⁾ Este dato se obtiene de la tabla 2.6, apartado 2.3 de HS1, CTE.

⁽⁶⁾ Este dato se obtiene de la tabla 2.5, apartado 2.3 de HS1, CTE.

1.2.2. Condiciones de las soluciones constructivas

Muro de mampostería de granito revestido y trasdosado	B2+C2+H1+J1+N1
--	-----------------------

Muro de mampostería de granito revestido en su exterior con enfoscado de mortero de cemento y en el interior con trasdosado autoportante de placas de yeso laminado y poliestireno expandido

Revestimiento exterior:	No
Grado de impermeabilidad alcanzado:	4 (B2+C2+H1+J1+N1, Tabla 2.7, CTE DB HS1)

Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua:

B2 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tal los siguientes elementos:

- Cámara de aire sin ventilar y aislante no hidrófilo dispuestos por el interior de la hoja principal, estando la cámara por el lado exterior del aislante;
- Aislante no hidrófilo dispuesto por el exterior de la hoja principal.

Composición de la hoja principal:

C2 Debe utilizarse una hoja principal de espesor alto. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:

- 1 pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista revestimiento exterior o cuando exista un revestimiento exterior discontinuo o un aislante exterior fijados mecánicamente;
- 24 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

Higroscopicidad del material componente de la hoja principal:

H1 Debe utilizarse un material de higroscopicidad baja, que corresponde a una fábrica de:

- Ladrillo cerámico de succión $\leq 4,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$, según el ensayo descrito en UNE EN 772-11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006;
- Piedra natural de absorción $\leq 2 \%$, según el ensayo descrito en UNE-EN 13755:2002.

Resistencia a la filtración de las juntas entre las piezas que componen la hoja principal:

J1 Las juntas deben ser al menos de resistencia media a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;

Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal:

N1 Debe utilizarse al menos un revestimiento de resistencia media a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con un espesor mínimo de 10 mm.

1.2.3. Puntos singulares de las fachadas

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, así como las de continuidad o discontinuidad relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

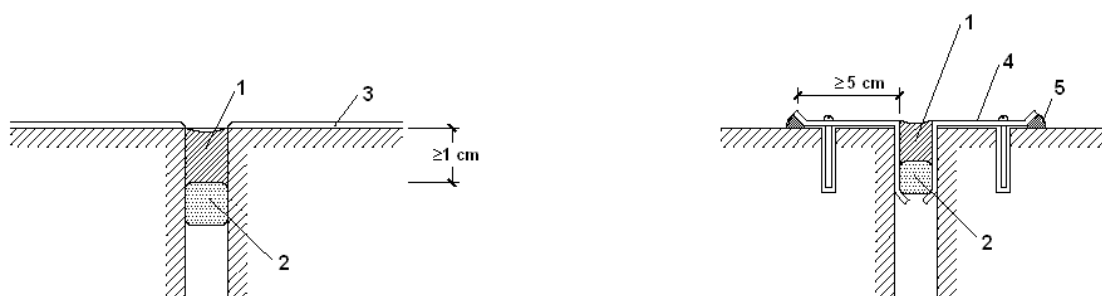
Juntas de dilatación:

- Deben disponerse juntas de dilatación en la hoja principal de tal forma que cada junta estructural coincida con una de ellas y que la distancia entre juntas de dilatación contiguas sea como máximo la que figura en la tabla 2.1 Distancia entre juntas de movimiento de fábricas sustentadas de DB SE-F Seguridad estructural: Fábrica.

Distancia entre juntas de movimiento de fábricas sustentadas

Tipo de fábrica	Distancia entre las juntas (m)
de piedra natural	30
de piezas de hormigón celular en autoclave	22
de piezas de hormigón ordinario	20
de piedra artificial	20
de piezas de árido ligero (excepto piedra pómez o arcilla expandida)	20
de piezas de hormigón ligero de piedra pómez o arcilla expandida	15

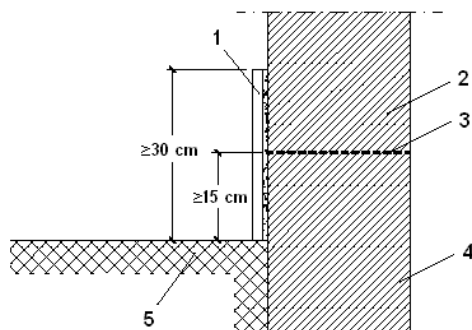
- En las juntas de dilatación de la hoja principal debe colocarse un sellante sobre un relleno introducido en la junta. Deben emplearse rellenos y sellantes de materiales que tengan una elasticidad y una adherencia suficientes para absorber los movimientos de la hoja previstos y que sean impermeables y resistentes a los agentes atmosféricos. La profundidad del sellante debe ser mayor o igual que 1 cm y la relación entre su espesor y su anchura debe estar comprendida entre 0,5 y 2. En fachadas enfoscadas debe enrasarse con el paramento de la hoja principal sin enfoscar. Cuando se utilicen chapas metálicas en las juntas de dilatación, deben disponerse las mismas de tal forma que éstas cubran a ambos lados de la junta una banda de muro de 5 cm como mínimo y cada chapa debe fijarse mecánicamente en dicha banda y sellarse su extremo correspondiente (véase la siguiente figura).
- El revestimiento exterior debe estar provisto de juntas de dilatación de tal forma que la distancia entre juntas contiguas sea suficiente para evitar su agrietamiento.



- | | | |
|-------------|-------------------|------------|
| 1. Sellante | 3. Enfoscado | 5. Sellado |
| 2. Relleno | 4. Chapa metálica | |

Arranque de la fachada desde la cimentación:

- Debe disponerse una barrera impermeable que cubra todo el espesor de la fachada a más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior para evitar el ascenso de agua por capilaridad o adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.
- Cuando la fachada esté constituida por un material poroso o tenga un revestimiento poroso, para protegerla de las salpicaduras, debe disponerse un zócalo de un material cuyo coeficiente de succión sea menor que el 3%, de más de 30 cm de altura sobre el nivel del suelo exterior que cubra el impermeabilizante del muro o la barrera impermeable dispuesta entre el muro y la fachada, y sellarse la unión con la fachada en su parte superior, o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto (véase la siguiente figura).



- 1.Zócalo
- 2.Fachada
- 3.Barrera impermeable
- 4.Cimentación
- 5.Suelo exterior

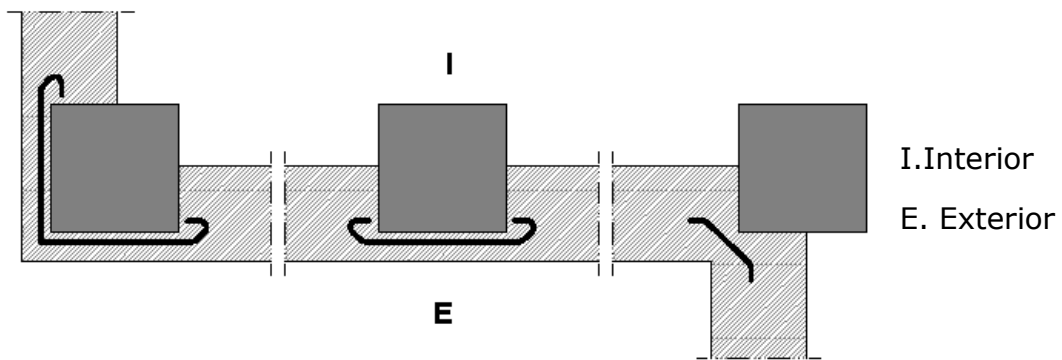
- Cuando no sea necesaria la disposición del zócalo, el remate de la barrera impermeable en el exterior de la fachada debe realizarse según lo descrito en el apartado 2.4.4.1.2 de DB HS 1 Protección frente a la humedad o disponiendo un sellado.

Encuentros de la fachada con los forjados:

- Cuando en otros casos se disponga una junta de desolidarización, ésta debe tener las características anteriormente mencionadas.

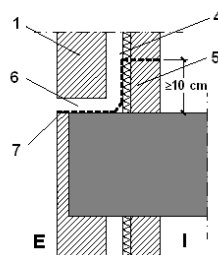
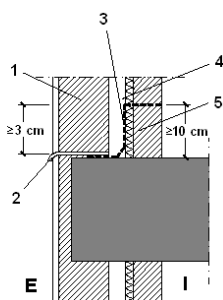
Encuentros de la fachada con los pilares:

- Cuando la hoja principal esté interrumpida por los pilares, en el caso de fachada con revestimiento continuo, debe reforzarse éste con armaduras dispuestas a lo largo del pilar de tal forma que lo sobrepasen 15 cm por ambos lados.
- Cuando la hoja principal esté interrumpida por los pilares, si se colocan piezas de menor espesor que la hoja principal por la parte exterior de los pilares, para conseguir la estabilidad de estas piezas, debe disponerse una armadura o cualquier otra solución que produzca el mismo efecto (véase la siguiente figura).



Encuentros de la cámara de aire ventilada con los forjados y los dinteles:

- Cuando la cámara quede interrumpida por un forjado o un dintel, debe disponerse un sistema de recogida y evacuación del agua filtrada o condensada en la misma.
- Como sistema de recogida de agua debe utilizarse un elemento continuo impermeable (lámina, perfil especial, etc.) dispuesto a lo largo del fondo de la cámara, con inclinación hacia el exterior, de tal forma que su borde superior esté situado como mínimo a 10 cm del fondo y al menos 3 cm por encima del punto más alto del sistema de evacuación (véase la siguiente figura). Cuando se disponga una lámina, ésta debe introducirse en la hoja interior en todo su espesor.
- Para la evacuación debe disponerse uno de los sistemas siguientes:
 - a) Un conjunto de tubos de material estanco que conduzcan el agua al exterior, separados 1,5 m como máximo (véase la siguiente figura);
 - b) Un conjunto de llagas de la primera hilada desprovistas de mortero, separadas 1,5 m como máximo, a lo largo de las cuales se prolonga hasta el exterior el elemento de recogida dispuesto en el fondo de la cámara.



1. Hoja principal

6. Llaga desprovista de mortero

2. Sistema de evacuación

7. Sistema de recogida y evacuación

3. Sistema de recogida

I. Interior

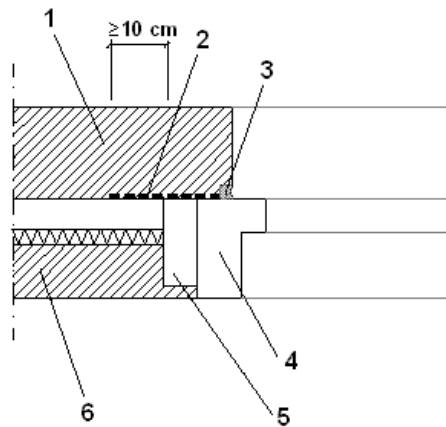
4. Cámara

E. Exterior

5. Hoja interior

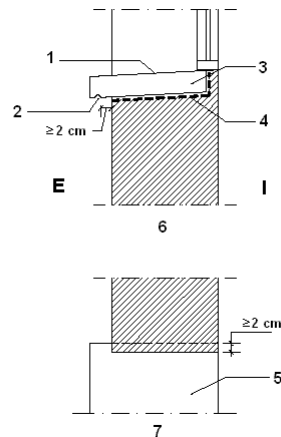
Encuentro de la fachada con la carpintería:

- Debe sellarse la junta entre el cerco y el muro con un cordón que debe estar introducido en un llagueado practicado en el muro de forma que quede encajado entre dos bordes paralelos.



- 1.Hoja principal
- 2.Barrera impermeable
- 3.Sellado
- 4.Cerco
- 5.Precerco
- 6.Hoja interior

- Cuando la carpintería esté retranqueada respecto del paramento exterior de la fachada, debe rematarse el alféizar con un vierteaguas para evacuar hacia el exterior el agua de lluvia que llegue a él y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo y disponerse un goterón en el dintel para evitar que el agua de lluvia discurra por la parte inferior del dintel hacia la carpintería o adoptarse soluciones que produzcan los mismos efectos.
- El vierteaguas debe tener una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo, debe ser impermeable o disponerse sobre una barrera impermeable fijada al cerco o al muro que se prolongue por la parte trasera y por ambos lados del vierteaguas y que tenga una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo. El vierteaguas debe disponer de un goterón en la cara inferior del saliente, separado del paramento exterior de la fachada al menos 2 cm, y su entrega lateral en la jamba debe ser de 2 cm como mínimo (véase la siguiente figura).
- La junta de las piezas con goterón debe tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.



1. Pendiente hacia el exterior
2. Goterón
3. Vierteaguas
4. Barrera impermeable
5. Vierteaguas
6. Sección
7. Planta
- I. Interior
- E. Exterior

Antepechos y remates superiores de las fachadas:

- Los antepechos deben rematarse con albardillas para evacuar el agua de lluvia que llegue a su parte superior y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.
- Las albardillas deben tener una inclinación de 10° como mínimo, deben disponer de goterones en la cara inferior de los salientes hacia los que discurre el agua, separados de los paramentos correspondientes del antepecho al menos 2 cm y deben ser impermeables o deben disponerse sobre una barrera impermeable que tenga una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo. Deben disponerse juntas de dilatación cada dos piezas cuando sean de piedra o prefabricadas y cada 2 m cuando sean cerámicas. Las juntas entre las albardillas deben realizarse de tal manera que sean impermeables con un sellado adecuado.

Anclajes a la fachada:

- Cuando los anclajes de elementos tales como barandillas o mástiles se realicen en un plano horizontal de la fachada, la junta entre el anclaje y la fachada debe realizarse de tal forma que se impida la entrada de agua a través de ella mediante el sellado, un elemento de goma, una pieza metálica u otro elemento que produzca el mismo efecto.

Aleros y cornisas:

- Los aleros y las cornisas de constitución continua deben tener una pendiente hacia el exterior para evacuar el agua de 10° como mínimo y los que sobresalgan más de 20 cm del plano de la fachada deben
 - a) Ser impermeables o tener la cara superior protegida por una barrera impermeable, para evitar que el agua se filtre a través de ellos;
 - b) Disponer en el encuentro con el paramento vertical de elementos de protección prefabricados o realizados in situ que se extiendan hacia arriba al

menos 15 cm y cuyo remate superior se resuelva de forma similar a la descrita en el apartado 2.4.4.1.2 de DB HS 1 Protección frente a la humedad, para evitar que el agua se filtre en el encuentro y en el remate;

c) Disponer de un goterón en el borde exterior de la cara inferior para evitar que el agua de lluvia evacuada alcance la fachada por la parte inmediatamente inferior al mismo.

- En el caso de que no se ajusten a las condiciones antes expuestas debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.

- La junta de las piezas con goterón debe tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.

1.3. Cubiertas inclinadas

1.3.1. Condiciones de las soluciones constructivas

Pizarra sobre rastreles (Entramado inclinado de madera en formación de cubierta)

REVESTIMIENTO EXTERIOR: Cubrición de pizarra para cubierta inclinada sobre rastreles de madera de pino colocados con clavos.

ELEMENTO ESTRUCTURAL

Entramado inclinado de madera para formación de cubierta formado por pares de madera de roble, panel thermochip y lámina acústica.

Formación de pendientes:	
Descripción:	Tablero multicapa sobre entramado estructural
Pendiente:	63.5 %
Aislante térmico ⁽¹⁾:	
Material aislante térmico:	EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]
Espesor:	6.0 cm ⁽²⁾
Barrera contra el vapor:	Betún fieltro o lámina
Tipo de impermeabilización:	
Descripción:	Material bituminoso/bituminoso modificado

Notas:

- (1) Según se determine en DB HE 1 Ahorro de energía.*
- (2) Debe disponerse una capa separadora bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.*

Sistema de formación de pendientes

- El sistema de formación de pendientes debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las solicitaciones mecánicas y térmicas, y su constitución debe ser adecuada para el recibido o fijación del resto de componentes.
- Cuando el sistema de formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte a la capa de impermeabilización, el material que lo constituye debe ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante a él.

Aislante térmico:

- El material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las solicitaciones mecánicas.
- Cuando el aislante térmico esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.
- Cuando el aislante térmico se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

Capa de impermeabilización:

- Cuando se disponga una capa de impermeabilización, ésta debe aplicarse y fijarse de acuerdo con las condiciones para cada tipo de material constitutivo de la misma.
- Impermeabilización con materiales bituminosos y bituminosos modificados:
 - Las láminas pueden ser de oxiasfalto o de betún modificado.
 - Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.
 - Cuando se quiera independizar el impermeabilizante del elemento que le sirve de soporte para mejorar la absorción de movimientos estructurales, deben utilizarse sistemas no adheridos.
 - Cuando se utilicen sistemas no adheridos debe emplearse una capa de protección pesada.

Tejado:

- Debe estar constituido por piezas de cobertura tales como tejas, pizarra, placas, etc. El solapo de las piezas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como zona eólica, tormentas y altitud topográfica.
- Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, la altura máxima del faldón, el tipo de piezas y el solapo de las mismas, así como de la ubicación del edificio.

Pizarra sobre rastreles (Entramado inclinado de madera en formación de cubierta)

REVESTIMIENTO EXTERIOR: Cubrición de pizarra para cubierta inclinada sobre rastreles de madera de pino colocados con clavos.

ELEMENTO ESTRUCTURAL

Entramado inclinado de madera para formación de cubierta formado por pares de madera de roble, panel thermochip y lámina acústica.

Formación de pendientes:	
Descripción:	Tablero multicapa sobre entramado estructural
Pendiente:	65.0 %

Aislante térmico ⁽¹⁾:	
Material aislante térmico:	EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]
Espesor:	6.0 cm ⁽²⁾
Barrera contra el vapor:	Betún fieltro o lámina
Tipo de impermeabilización:	
Descripción:	Material bituminoso/bituminoso modificado
Notas: ⁽¹⁾ Según se determine en DB HE 1 Ahorro de energía. ⁽²⁾ Debe disponerse una capa separadora bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.	

Sistema de formación de pendientes

- El sistema de formación de pendientes debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las sollicitaciones mecánicas y térmicas, y su constitución debe ser adecuada para el recibido o fijación del resto de componentes.
- Cuando el sistema de formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte a la capa de impermeabilización, el material que lo constituye debe ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante a él.

Aislante térmico:

- El material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las sollicitaciones mecánicas.
- Cuando el aislante térmico esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.
- Cuando el aislante térmico se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

Capa de impermeabilización:

- Cuando se disponga una capa de impermeabilización, ésta debe aplicarse y fijarse de acuerdo con las condiciones para cada tipo de material constitutivo de la misma.
- Impermeabilización con materiales bituminosos y bituminosos modificados:
 - Las láminas pueden ser de oxiasfalto o de betún modificado.
 - Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.
 - Cuando se quiera independizar el impermeabilizante del elemento que le sirve de soporte para mejorar la absorción de movimientos estructurales, deben utilizarse sistemas no adheridos.
 - Cuando se utilicen sistemas no adheridos debe emplearse una capa de protección pesada.

Tejado

- Debe estar constituido por piezas de cobertura tales como tejas, pizarra, placas, etc. El solapo de las piezas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como zona eólica, tormentas y altitud topográfica.

- Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, la altura máxima del faldón, el tipo de piezas y el solapo de las mismas, así como de la ubicación del edificio.

Pizarra sobre rastreles (Entramado inclinado de madera en formación de cubierta)

REVESTIMIENTO EXTERIOR: Cubrición de pizarra para cubierta inclinada sobre rastreles de madera de pino colocados con clavos.

ELEMENTO ESTRUCTURAL

Entramado inclinado de madera para formación de cubierta formado por pares de madera de roble, panel thermochip y lámina acústica.

REVESTIMIENTO DEL TECHO

Techo suspendido continuo, con cámara de aire de 30 cm de altura, compuesto de: AISLAMIENTO: aislamiento acústico formado por panel semirrígido de lana mineral, de 40 mm de espesor; TECHO SUSPENDIDO: falso techo continuo para revestir, situado a una altura menor de 4 m, de placas nervadas de escayola, de 100x60 cm, con acabado liso, mediante estopadas colgantes; ACABADO SUPERFICIAL: pintura plástica con textura lisa, color a elegir, acabado mate, mano de fondo y dos manos de acabado.

Formación de pendientes:	
Descripción:	Tablero multicapa sobre entramado estructural
Pendiente:	64.8 %
Aislante térmico ⁽¹⁾:	
Material aislante térmico:	EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]
Espesor:	6.0 cm ⁽²⁾
Barrera contra el vapor:	Betún fieltro o lámina
Tipo de impermeabilización:	
Descripción:	Material bituminoso/bituminoso modificado
Notas: ⁽¹⁾ Según se determine en DB HE 1 Ahorro de energía. ⁽²⁾ Debe disponerse una capa separadora bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.	

Sistema de formación de pendientes:

- El sistema de formación de pendientes debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las sollicitaciones mecánicas y térmicas, y su constitución debe ser adecuada para el recibido o fijación del resto de componentes.
- Cuando el sistema de formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte a la capa de impermeabilización, el material que lo constituye debe ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante a él.

Aislante térmico:

- El material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las sollicitaciones mecánicas.
- Cuando el aislante térmico esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.
- Cuando el aislante térmico se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

Capa de impermeabilización:

- Cuando se disponga una capa de impermeabilización, ésta debe aplicarse y fijarse de acuerdo con las condiciones para cada tipo de material constitutivo de la misma.
- Impermeabilización con materiales bituminosos y bituminosos modificados:
 - Las láminas pueden ser de oxiasfalto o de betún modificado.
 - Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.
 - Cuando se quiera independizar el impermeabilizante del elemento que le sirve de soporte para mejorar la absorción de movimientos estructurales, deben utilizarse sistemas no adheridos.
 - Cuando se utilicen sistemas no adheridos debe emplearse una capa de protección pesada.

Tejado

- Debe estar constituido por piezas de cobertura tales como tejas, pizarra, placas, etc. El solapo de las piezas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como zona eólica, tormentas y altitud topográfica.

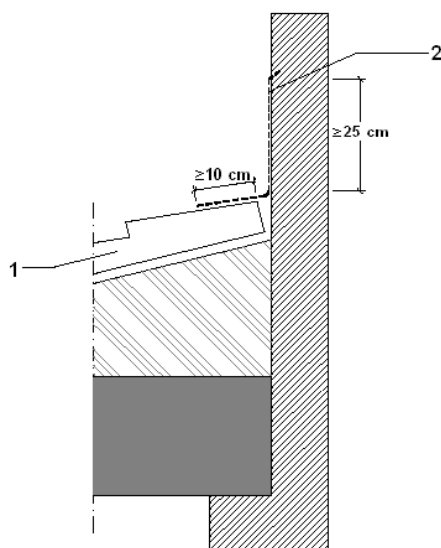
- Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, la altura máxima del faldón, el tipo de piezas y el solapo de las mismas, así como de la ubicación del edificio.

1.3.2. Puntos singulares de las cubiertas inclinadas

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

Encuentro de la cubierta con un paramento vertical:

- En el encuentro de la cubierta con un paramento vertical deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.
- Los elementos de protección deben cubrir como mínimo una banda del paramento vertical de 25 cm de altura por encima del tejado y su remate debe realizarse de forma similar a la descrita en las cubiertas planas.
- Cuando el encuentro se produzca en la parte inferior del faldón, debe disponerse un canalón y realizarse según lo dispuesto en el apartado 2.4.4.2.9 de DB HS 1 Protección frente a la humedad.
- Cuando el encuentro se produzca en la parte superior o lateral del faldón, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro (véase la siguiente figura).



1. Piezas de tejado

2. Elemento de protección del paramento vertical

Alero:

- Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo y media pieza como máximo del soporte que conforma el alero.
- Cuando el tejado sea de pizarra o de teja, para evitar la filtración de agua a través de la unión de la primera hilada del tejado y el alero, debe realizarse en el borde un recalde de asiento de las piezas de la primera hilada de tal manera que tengan la misma pendiente que las de las siguientes, o debe adoptarse cualquier otra solución que produzca el mismo efecto.

Borde lateral:

- En el borde lateral deben disponerse piezas especiales que vuelen lateralmente más de 5 cm o baberos protectores realizados in situ. En el último caso el borde puede rematarse con piezas especiales o con piezas normales que vuelen 5 cm.

Limahoyas:

- En las limahoyas deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.
- Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre la limahoya.
- La separación entre las piezas del tejado de los dos faldones debe ser 20 cm. como mínimo.

Cumbreras y limatesas:

- En las cumbreras y limatesas deben disponerse piezas especiales, que deben solapar 5 cm como mínimo sobre las piezas del tejado de ambos faldones.
- Las piezas del tejado de la última hilada horizontal superior y las de la cumbrera y la limatesa deben fijarse.
- Cuando no sea posible el solape entre las piezas de una cumbrera en un cambio de dirección o en un encuentro de cumbreras este encuentro debe impermeabilizarse con piezas especiales o baberos protectores.

Encuentro de la cubierta con elementos pasantes:

- Los elementos pasantes no deben disponerse en las limahoyas.
- La parte superior del encuentro del faldón con el elemento pasante debe resolverse de tal manera que se desvíe el agua hacia los lados del mismo.
- En el perímetro del encuentro deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben cubrir una banda del elemento pasante por encima del tejado de 20 cm de altura como mínimo.

Lucernarios:

- Deben impermeabilizarse las zonas del faldón que estén en contacto con el precerco o el cerco del lucernario mediante elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

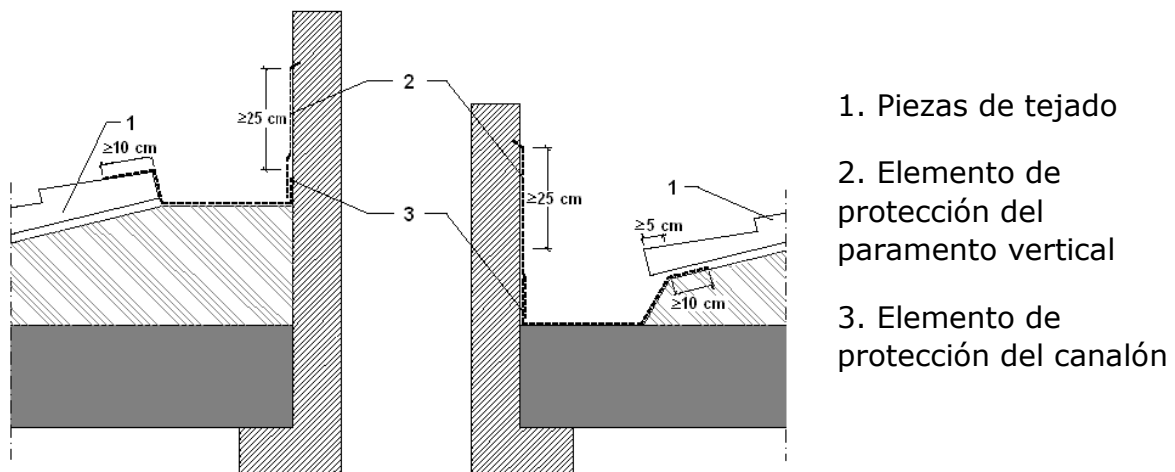
- En la parte inferior del lucernario, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro y en la superior por debajo y prolongarse 10 cm como mínimo.

Anclaje de elementos:

- Los anclajes no deben disponerse en las limahoyas.
- Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben cubrir una banda del elemento anclado de una altura de 20 cm como mínimo por encima del tejado.

Canalones:

- Para la formación del canalón deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.
- Los canalones deben disponerse con una pendiente hacia el desagüe del 1% como mínimo.
- Las piezas del tejado que vierten sobre el canalón deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre el mismo.
- Cuando el canalón sea visto, debe disponerse el borde más cercano a la fachada de tal forma que quede por encima del borde exterior del mismo.
 - Elementos de protección prefabricados o realizados in situ de tal forma que cubran una banda del paramento vertical por encima del tejado de 25 cm como mínimo y su remate se realice de forma similar a la descrita para cubiertas planas (véase la siguiente figura).



- Cuando el canalón esté situado junto a un paramento vertical deben disponerse:
 - a) Cuando el encuentro sea en la parte inferior del faldón, los elementos de protección por debajo de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo (véase la siguiente figura);

- b) Cuando el encuentro sea en la parte superior del faldón, los elementos de protección por encima de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo (véase la siguiente figura);
- Cuando el canalón esté situado en una zona intermedia del faldón debe disponerse de tal forma que:
 - a) El ala del canalón se extienda por debajo de las piezas del tejado 10 cm como mínimo;
 - b) La separación entre las piezas del tejado a ambos lados del canalón sea de 20 cm como mínimo.
 - c) El ala inferior del canalón debe ir por encima de las piezas del tejado

2. HS2 – Recogida y evacuación de residuos

Esta sección se aplica a los edificios de viviendas de nueva construcción, tengan o no locales destinados a otros usos, en lo referente a la recogida de los residuos ordinarios generados en ellos. No es de aplicación.

3. HS3 – Calidad del aire interior

3.1. Viviendas

3.1.1. Ventilación híbrida

Vivienda unifamiliar (Planta baja)

Cálculo de las aberturas de ventilación										
Local	Tipo	Au (m ²)	No	qv (l/s)	qe (l/s)	Aberturas de ventilación				
						Ta b	qa (l/s)	Amin (cm ²)	Areal (cm ²)	Dimensione s (mm)
Comedor (Salón / Comedor)	Seco	14.0	6	18.0	19.6	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
						A	9.6	38.2	96.0	800x80x12
						P	39.1	312.8	82.5	Holgura
									145.0	725x20x82
									145.0	725x20x82
Salón (Salón / Comedor)	Seco	14.8	6	18.0	19.6	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
						A	9.6	38.2	96.0	800x80x12
Dormitorio 1 (Dormitorio)	Seco	13.8	2	10.0	11.6	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
						A	1.6	6.2	96.0	800x80x12
						P	11.6	92.4	82.5	Holgura
									145.0	725x20x82
Cocina (Cocina)	Húmedo	17.8	-	35.7	35.7	P	35.7	285.2	82.5	Holgura
									145.0	725x20x82
									145.0	725x20x82
						E	17.8	142.6	201.1	Ø 160
Baño 1 (Baño / Aseo)	Húmedo	3.6	-	15.0	15.0	P	15.0	120.0	82.5	Holgura
									145.0	725x20x82
						E	15.0	60.0	122.7	Ø 125

Cálculo de las aberturas de ventilación										
Local	Tipo	Au (m²)	No	qv (l/s)	qe (l/s)	Aberturas de ventilación				
						Tab	qa (l/s)	Amin (cm²)	Areal (cm²)	Dimensiones (mm)
Abreviaturas utilizadas										
Au	Área útil				Tab	Tipo de abertura (A: admisión, E: extracción, P: paso, M: mixta)				
No	Número de ocupantes.				qa	Caudal de ventilación de la abertura.				
qv	Caudal de ventilación mínimo exigido.				Amin	Área mínima de la abertura.				
qe	Caudal de ventilación equilibrado (+/- entrada/salida de aire)				Areal	Área real de la abertura.				

Vivienda unifamiliar (Planta Alta)

Cálculo de las aberturas de ventilación										
Local	Tipo	Au (m ²)	No	qv (l/s)	qe (l/s)	Aberturas de ventilación				
						Tab	qa (l/s)	Amin (cm ²)	Areal (cm ²)	Dimensiones (mm)
Salón 2 (Salón / Comedor)	Seco	11.3	6	18.0	18.0	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
						A	8.0	32.0	96.0	800x80x12
Dormitorio 2 (Dormitorio)	Seco	12.4	1	5.0	15.0	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
						A	5.0	20.0	96.0	800x80x12
						P	15.0	120.0	82.5 145.0	Holgura 725x20x82
Dormitorio 4 (Dormitorio)	Seco	14.2	2	10.0	10.0	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
						P	10.0	80.0	82.5	Holgura
Dormitorio 3 (Dormitorio)	Seco	13.4	1	5.0	5.0	A	5.0	20.0	96.0	800x80x12
						P	5.0	70.0	82.5	Holgura
Baño 2 (Baño / Aseo)	Húmedo	6.7	-	15.0	15.0	P	15.0	120.0	82.5 145.0	Holgura 725x20x82
						E	15.0	60.0	122.7	Ø 125
Baño 3 (Baño / Aseo)	Húmedo	6.6	-	15.0	33.0	P	33.0	264.0	82.5	Holgura
									145.0	725x20x82
									145.0	725x20x82

Cálculo de las aberturas de ventilación										
Local	Tipo	Au (m²)	No	qv (l/s)	qe (l/s)	Aberturas de ventilación				
						Tab	qa (l/s)	Amin (cm²)	Areal (cm²)	Dimensione s (mm)
						E	11.0	132.0	122.7	Ø 125
						E	11.0	132.0	122.7	Ø 125
						E	11.0	132.0	122.7	Ø 125
Abreviaturas utilizadas										
Au	Área útil					Tab	Tipo de abertura (A: admisión, E: extracción, P: paso, M: mixta)			
No	Número de ocupantes.					qa	Caudal de ventilación de la abertura.			
qv	Caudal de ventilación mínimo exigido.					Amin	Área mínima de la abertura.			
qe	Caudal de ventilación equilibrado (+/- entrada/salida de aire)					Areal	Área real de la abertura.			

3.2. Conductos de ventilación

3.2.1. Ventilación híbrida

3.2.1.1. Conductos de extracción

1-VEH

Cálculo de conductos									
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm ²)	Sreal (cm ²)	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)
1-VEH - 1.1	15.0	400.0	490.9	250	25.0	0.3	3.0	3.0	0.003
Abreviaturas utilizadas									
qv	Caudal de aire en el conducto					v	Velocidad		
Sc	Sección calculada					Lr	Longitud medida sobre plano		
Sreal	Sección real					Lt	Longitud total de cálculo		
De	Diámetro equivalente					J	Pérdida de carga		

2-VEH

Cálculo de conductos									
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm ²)	Sreal (cm ²)	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)
2-VEH - 2.1	33.0	625.0	706.9	300	30.0	0.5	0.3	0.3	0.000
Abreviaturas utilizadas									
qv	Caudal de aire en el conducto				v	Velocidad			
Sc	Sección calculada				Lr	Longitud medida sobre plano			
Sreal	Sección real				Lt	Longitud total de cálculo			
De	Diámetro equivalente				J	Pérdida de carga			

4-VEH

Cálculo de conductos									
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm ²)	Sreal (cm ²)	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)
4-VEH - 4.1	15.0	625.0	706.9	300	30.0	0.2	0.3	0.3	0.000
Abreviaturas utilizadas									
qv	Caudal de aire en el conducto				v	Velocidad			
Sc	Sección calculada				Lr	Longitud medida sobre plano			
Sreal	Sección real				Lt	Longitud total de cálculo			
De	Diámetro equivalente				J	Pérdida de carga			

5-VEH

Cálculo de conductos									
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm ²)	Sreal (cm ²)	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)
5-VEH - 5.1	35.7	400.0	490.9	250	25.0	0.7	3.0	3.0	0.013
Abreviaturas utilizadas									
qv	Caudal de aire en el conducto				v	Velocidad			
Sc	Sección calculada				Lr	Longitud medida sobre plano			
Sreal	Sección real				Lt	Longitud total de cálculo			
De	Diámetro equivalente				J	Pérdida de carga			

3.3. Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores

3.3.1. Viviendas

3.3.1.1. Ventilación híbrida

Cálculo de aspiradores		
Referencia	Caudal (l/s)	Presión (mm.c.a.)
1-VEH	15.0	1.022
2-VEH	33.0	1.020
4-VEH	15.0	1.019
5-VEH	35.7	1.032

4. HS4 – Suministro de agua

4.1. Características de la instalación

4.1.1.Acometidas

Tubo de polietileno PE 100, PN=16 atm, según UNE-EN 12201-2

Cálculo hidráulico de las acometidas												
Tramo	L_r (m)	L_t (m)	Q_b (m ³ /h)	K	Q (m ³ /h)	h (m.c.a.)	D_{int} (mm)	D_{com} (mm)	v (m/s)	J (m.c.a.)	P_{ent} (m.c.a.)	P_{sal} (m.c.a.)
1-2	1.73	2.08	8.82	0.36	3.17	0.30	20.40	25.00	2.69	0.89	49.50	48.31
Abreviaturas utilizadas												
L_r	Longitud medida sobre planos						D_{int}	Diámetro interior				
L_t	Longitud total de cálculo ($L_r + L_{eq}$)						D_{com}	Diámetro comercial				
Q_b	Caudal bruto						v	Velocidad				
K	Coeficiente de simultaneidad						J	Pérdida de carga del tramo				
Q	Caudal, aplicada simultaneidad ($Q_b \times K$)						P_{ent}	Presión de entrada				
h	Desnivel						P_{sal}	Presión de salida				

4.1.2.Tubos de alimentación

Tubo de acero galvanizado según UNE 19048

Cálculo hidráulico de los tubos de alimentación												
Tramo	L_r (m)	L_t (m)	Q_b (m ³ /h)	K	Q (m ³ /h)	h (m.c.a.)	D_{int} (mm)	D_{com} (mm)	v (m/s)	J (m.c.a.)	P_{ent} (m.c.a.)	P_{sal} (m.c.a.)
2-3	32.53	39.04	8.82	0.36	3.17	-0.30	27.30	25.00	1.50	4.12	44.31	39.98

Cálculo hidráulico de los tubos de alimentación												
Tramo	L_r (m)	L_t (m)	Q_b (m ³ /h)	K	Q (m ³ /h)	h (m.c.a.)	D_{int} (mm)	D_{com} (mm)	v (m/s)	J (m.c.a.)	P_{ent} (m.c.a.)	P_{sal} (m.c.a.)
Abreviaturas utilizadas												
L_r	Longitud medida sobre planos						D_{int}	Diámetro interior				
L_t	Longitud total de cálculo ($L_r + L_{eq}$)						D_{com}	Diámetro comercial				
Q_b	Caudal bruto						v	Velocidad				
K	Coeficiente de simultaneidad						J	Pérdida de carga del tramo				
Q	Caudal, aplicada simultaneidad ($Q_b \times K$)						P_{ent}	Presión de entrada				
h	Desnivel						P_{sal}	Presión de salida				

4.1.3. Instalaciones particulares

4.1.3.1. Instalaciones particulares

Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, PN=6 atm, según UNE-EN ISO 15875-2

Cálculo hidráulico de las instalaciones particulares													
Tramo	T_{tub}	L_r (m)	L_t (m)	Q_b (m ³ /h)	K	Q (m ³ /h)	h (m.c.a.)	D_{int} (mm)	D_{com} (mm)	v (m/s)	J (m.c.a.)	P_{ent} (m.c.a.)	P_{sal} (m.c.a.)
3-4	Instalación interior (F)	0.66	0.79	8.82	0.36	3.17	0.00	26.20	32.00	1.63	0.10	39.98	39.89
4-5	Instalación interior (F)	1.41	1.69	4.82	0.48	2.30	1.30	20.40	25.00	1.95	0.40	39.89	38.19
5-6	Instalación interior (C)	1.67	2.00	4.82	0.48	2.30	-1.30	20.40	25.00	1.95	0.47	37.19	38.01
6-7	Instalación interior (C)	0.64	0.77	3.92	0.52	2.05	0.00	20.40	25.00	1.74	0.15	38.01	37.87

Cálculo hidráulico de las instalaciones particulares													
Tramo	T _{tub}	L _r (m)	L _t (m)	Q _b (m³/h)	K	Q (m³/h)	h (m.c.a.)	D _{int} (m)	D _{com} (m)	v (m/s)	J (m.c.a.)	P _{ent} (m.c.a.)	P _{sal} (m.c.a.)
7-8	Instalación interior (C)	12.79	15.35	2.61	0.62	1.62	5.38	16.20	20.00	2.18	5.96	37.87	26.53
8-9	Instalación interior (C)	5.67	6.80	1.42	0.78	1.11	-0.02	16.20	20.00	1.50	1.32	26.53	24.73
9-10	Cuarto húmedo (C)	1.85	2.22	0.70	0.96	0.67	1.01	12.40	16.00	1.55	0.64	24.73	23.08
10-11	Cuarto húmedo (C)	1.98	2.37	0.47	1.00	0.47	0.57	12.40	16.00	1.08	0.36	23.08	22.15
11-12	Puntal (C)	4.25	5.11	0.23	1.00	0.23	-3.38	12.40	16.00	0.54	0.22	22.15	25.31
Abreviaturas utilizadas													
T _{tub}	Tipo de tubería: F (Agua fría), C (Agua caliente)						D _{int}	Diámetro interior					
L _r	Longitud medida sobre planos						D _{com}	Diámetro comercial					
L _t	Longitud total de cálculo (L _r + L _{eq})						v	Velocidad					
Q _b	Caudal bruto						J	Pérdida de carga del tramo					
K	Coeficiente de simultaneidad						P _{ent}	Presión de entrada					
Q	Caudal, aplicada simultaneidad (Q _b x K)						P _{sal}	Presión de salida					
h	Desnivel												
Instalación interior: Unifamiliar (Vivienda)													
Punto de consumo con mayor caída de presión (L _{vb}): Lavabo													

4.1.3.2. Producción de A.C.S.

Cálculo hidráulico de los equipos de producción de A.C.S.		
Referencia	Descripción	Q_{cal} (m ³ /h)
Unifamiliar	Caldera a gas para calefacción y ACS	2.30
Abreviaturas utilizadas		
Q_{cal}	Caudal de cálculo	

4.1.3.3. Bombas de circulación

Cálculo hidráulico de las bombas de circulación			
Ref	Descripción	Q_{cal} (m ³ /h)	P_{cal} (m.c.a.)
	Electrobomba centrífuga, de hierro fundido, de tres velocidades, con una potencia de 0,071 kW	0.11	0.58
Abreviaturas utilizadas			
Ref	Referencia de la unidad de ocupación a la que pertenece la bomba de circulación	P_{cal}	Presión de cálculo
Q_{cal}	Caudal de cálculo		

4.1.4. Aislamiento térmico

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 23 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 19 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 16 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 19 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., empotrada en paramento, para la distribución de fluidos calientes (de +40°C a +60°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, con un elevado factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, de 13,0 mm de diámetro interior y 9,5 mm de espesor.

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., empotrada en paramento, para la distribución de fluidos calientes (de +40°C a +60°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, con un elevado factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, de 19,0 mm de diámetro interior y 10,0 mm de espesor.

5. HS5 – Evacuación de aguas

Esta sección se aplica a la instalación de evacuación de aguas residuales y pluviales en los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Las ampliaciones, modificaciones, reformas o rehabilitaciones de las instalaciones existentes se consideran incluidas cuando se amplía el número o la capacidad de los aparatos receptores existentes en la instalación.

5.1. Diseño

Condiciones generales de la evacuación

Los colectores del edificio desaguarán en la arqueta general que constituye el punto de conexión entre la instalación de evacuación y la red de alcantarillado público, a través de la correspondiente acometida.

Configuración de los sistemas de evacuación

Al existir una única red de alcantarillado público debe disponerse un sistema mixto o un sistema separativo con una conexión final de las aguas pluviales y las residuales, antes de su salida a la red exterior. La conexión entre la red de pluviales y la de residuales debe hacerse con interposición de un cierre hidráulico que impida la transmisión de gases de una a otra y su salida por los puntos de captación tales como calderetas, rejillas o sumideros. Dicho cierre puede estar incorporado a los puntos de captación de las aguas o ser un sifón final en la propia conexión.

Elementos que componen la instalación

- Cierres hidráulicos.
- Redes de pequeña evacuación.
- Bajantes y canalones.

Las bajantes deben realizarse sin desviaciones ni retranqueos y con diámetro uniforme en toda su altura excepto, en el caso de bajantes de residuales, cuando existan obstáculos insalvables en su recorrido y cuando la presencia de inodoros exija un diámetro concreto desde los tramos superiores que no es superado en el resto de la bajante.

El diámetro no debe disminuir en el sentido de la corriente.

Podrá disponerse un aumento de diámetro cuando acometan a la bajante de caudales de magnitud mucho mayor que los del tramo situado aguas arriba.

Colectores enterrados

Los tubos deben disponerse en zanjas de dimensiones adecuadas situados por debajo de la red de distribución de agua potable.

Deben tener una pendiente del 2% como mínimo.

La acometida de las bajantes y los manguetones a esta red se hará con interposición de una arqueta de pie de bajante, que no debe ser sifónica.

Se dispondrán registros de tal manera que los tramos entre los contiguos no superen 15 m.

Elementos de conexión

En redes enterradas la unión entre las redes vertical y horizontal y en ésta, entre sus encuentros y derivaciones, debe realizarse con arquetas dispuestas sobre cimientado de hormigón, con tapa practicable. Sólo puede acometer un colector por cada cara de la arqueta, de tal forma que el ángulo formado por el colector y la salida sea mayor que 90°.

Al final de la instalación y antes de la acometida debe disponerse el pozo general del edificio.

Subsistemas de ventilación de instalaciones

Deben disponerse subsistemas de ventilación tanto en las redes de aguas residuales como en las de pluviales. Al ser una vivienda unifamiliar adecuada al uso de casa rural con un subsistema de ventilación primera será suficiente.

5.2. Dimensionado

5.2.1.Red de aguas residuales

Acometida 1

Red de pequeña evacuación												
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D _{min} (mm)	Cálculo hidráulico							
					Q _b (m ³ /h)	K	Q _s (m ³ /h)	Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)	
5-6	1.36	2.00	3.00	75	5.08	1.00	5.08	43.95	0.89	69	75	
6-7	1.37	2.00	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40	
6-8	0.86	3.19	1.00	32	1.69	1.00	1.69	-	-	26	32	

Red de pequeña evacuación											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D _{min} (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q _b (m³/h)	K	Q _s (m³/h)	Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
5-9	1.03	5.30	4.00	110	6.77	1.00	6.77	-	-	104	110
10-11	2.84	5.00	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
10-12	2.28	11.96	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
16-17	2.01	9.94	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
16-18	1.67	5.00	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
20-21	0.83	1.00	11.00	110	18.61	0.50	9.31	40.86	0.80	104	110
21-22	0.88	2.35	7.00	75	11.84	0.58	6.84	49.78	1.02	69	75
22-23	0.60	4.00	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
22-24	3.21	2.00	1.00	32	1.69	1.00	1.69	-	-	26	32
22-25	2.40	2.68	1.00	32	1.69	1.00	1.69	-	-	26	32
22-26	1.55	4.00	2.00	32	3.38	1.00	3.38	-	-	26	32
21-27	0.30	28.58	4.00	110	6.77	1.00	6.77	-	-	104	110
20-28	0.11	1.00	10.00	110	16.92	0.58	9.77	41.97	0.81	104	110
28-29	1.92	1.00	6.00	90	10.15	0.71	7.18	48.75	0.75	84	90
29-30	0.68	3.94	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
29-31	1.34	2.00	1.00	32	1.69	1.00	1.69	-	-	26	32
29-32	0.49	4.00	2.00	32	3.38	1.00	3.38	-	-	26	32
28-33	0.48	9.66	4.00	110	6.77	1.00	6.77	-	-	104	110

Red de pequeña evacuación											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D _{min} (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q _b (m³/h)	K	Q _s (m³/h)	Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
Abreviaturas utilizadas											
L	Longitud medida sobre planos				Q _s	Caudal con simultaneidad (Q _b x k)					
i	Pendiente				Y/D	Nivel de llenado					
UDs	Unidades de desagüe				v	Velocidad					
D _{min}	Diámetro nominal mínimo				D _{int}	Diámetro interior comercial					
Q _b	Caudal bruto				D _{com}	Diámetro comercial					
K	Coeficiente de simultaneidad										

Acometida 1

Bajantes									
Ref.	L (m)	UDs	D _{min} (mm)	Cálculo hidráulico					
				Q _b (m ³ /h)	K	Q _s (m ³ /h)	r	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
19-20	2.96	21.00	110	35.53	0.35	12.56	0.159	104	110
Abreviaturas utilizadas									
Ref.	Referencia en planos				K	Coeficiente de simultaneidad			
L	Longitud medida sobre planos				Q _s	Caudal con simultaneidad (Q _b x k)			
UDs	Unidades de desagüe				r	Nivel de llenado			
D _{min}	Diámetro nominal mínimo				D _{int}	Diámetro interior comercial			
Q _b	Caudal bruto				D _{com}	Diámetro comercial			

Acometida 1

Colectores											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D _{min} (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q _b (m ³ /h)	K	Q _s (m ³ /h)	Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
2-3	18.97	2.00	13.00	160	22.00	0.50	11.00	21.61	1.04	154	160
3-4	6.46	2.00	13.00	160	22.00	0.50	11.00	21.61	1.04	154	160
4-5	1.73	12.60	7.00	160	11.84	0.71	8.37	12.09	1.83	154	160
4-10	2.25	2.00	6.00	160	10.15	1.00	10.15	20.77	1.01	154	160
13-14	11.70	2.00	27.00	160	45.68	0.32	14.45	24.77	1.12	154	160
14-15	9.00	2.00	27.00	160	45.68	0.32	14.45	24.77	1.12	154	160
15-16	7.70	2.00	6.00	160	10.15	1.00	10.15	20.77	1.01	154	160
15-19	2.35	8.51	21.00	160	35.53	0.35	12.56	16.17	1.80	154	160
Abreviaturas utilizadas											
L	Longitud medida sobre planos					Q _s	Caudal con simultaneidad (Q _b x k)				
i	Pendiente					Y/D	Nivel de llenado				
UDs	Unidades de desagüe					v	Velocidad				
D _{min}	Diámetro nominal mínimo					D _{int}	Diámetro interior comercial				
Q _b	Caudal bruto					D _{com}	Diámetro comercial				
K	Coeficiente de simultaneidad										

Acometida 1

Arquetas				
Ref.	Ltr (m)	ic (%)	D _{sal} (mm)	Dimensiones comerciales (cm)
2	3.40	2.00	160	100x100x110 cm
3	18.97	2.00	160	60x60x70 cm
4	6.46	2.00	160	60x60x55 cm
10	2.25	2.00	160	60x60x50 cm
13	1.45	2.00	160	100x100x110 cm
14	11.70	2.00	160	70x70x85 cm
15	9.00	2.00	160	60x60x65 cm
16	7.70	2.00	160	60x60x50 cm
Abreviaturas utilizadas				
Ref.	Referencia en planos		ic	Pendiente del colector
Ltr	Longitud entre arquetas		D _{sal}	Diámetro del colector de salida

5.2.2.Red de aguas pluviales

Acometida 1

Canalones								
Tramo	A (m ²)	L (m)	i (%)	D _{min} (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico	
							Y/D (%)	v (m/s)
41-42	21.25	6.74	0.50	200	125.00	1.00	-	-
41-43	13.03	5.11	0.53	200	125.00	1.00	-	-
46-47	31.29	6.88	0.50	200	125.00	1.00	-	-
50-51	4.99	3.56	0.50	200	125.00	1.00	-	-
59-60	13.21	5.07	0.54	200	125.00	1.00	-	-
Abreviaturas utilizadas								
A	Área de descarga al canalón				I	Intensidad pluviométrica		
L	Longitud medida sobre planos				C	Coeficiente de escorrentía		
i	Pendiente				Y/D	Nivel de llenado		
D _{min}	Diámetro nominal mínimo				v	Velocidad		

Acometida 1

Bajantes (canalones)								
Ref.	A (m ²)	D _{min} (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico			
					Q (m ³ /h)	f	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
39-40	34.29	80	125.00	1.00	4.29	0.135	77	80
40-41	34.29	80	125.00	1.00	4.29	0.135	77	80
44-45	44.32	80	125.00	1.00	5.54	0.158	77	80
45-46	44.32	80	125.00	1.00	5.54	0.158	77	80
48-49	4.99	80	125.00	1.00	0.62	0.043	77	80
49-50	4.99	80	125.00	1.00	0.62	0.043	77	80
52-53	4.99	80	125.00	1.00	0.62	0.043	77	80
53-54	4.99	80	125.00	1.00	0.62	0.043	77	80
57-58	34.46	80	125.00	1.00	4.31	0.136	77	80
58-59	34.46	80	125.00	1.00	4.31	0.136	77	80
61-62	37.72	80	125.00	1.00	4.72	0.143	77	80
62-63	37.72	80	125.00	1.00	4.72	0.143	77	80
Abreviaturas utilizadas								
A	Área de descarga a la bajante			Q	Caudal			
D _{min}	Diámetro nominal mínimo			f	Nivel de llenado			
I	Intensidad pluviométrica			D _{int}	Diámetro interior comercial			
C	Coeficiente de escorrentía			D _{com}	Diámetro comercial			

Acometida 1

Colectores								
Tramo	L (m)	i (%)	D _{min} (mm)	Q _c (m³/h)	Cálculo hidráulico			
					Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
13-35	6.56	2.00	160	11.07	21.69	1.04	154	160
35-36	9.40	2.00	160	10.45	21.07	1.02	154	160
36-37	3.33	2.00	160	9.83	20.44	1.00	154	160
37-38	7.49	2.00	160	4.29	13.64	0.78	154	160
38-39	2.00	10.00	160	4.29	9.28	1.38	154	160
37-44	1.67	11.95	160	5.54	10.05	1.58	154	160
36-48	1.40	14.33	160	0.62	3.45	0.87	154	160
35-52	0.48	71.13	160	0.62	2.38	1.51	154	160
2-55	8.06	2.00	160	9.02	19.60	0.98	154	160
55-56	9.74	2.00	160	4.31	13.67	0.79	154	160
56-57	1.02	19.67	160	4.31	7.93	1.75	154	160
55-61	0.77	25.98	160	4.72	7.75	1.98	154	160
Abreviaturas utilizadas								
L	Longitud medida sobre planos			Y/D	Nivel de llenado			
i	Pendiente			v	Velocidad			
D _{min}	Diámetro nominal mínimo			D _{int}	Diámetro interior comercial			
Q _c	Caudal calculado con simultaneidad			D _{com}	Diámetro comercial			

Acometida 1

Arquetas				
Ref.	Ltr (m)	ic (%)	D _{sal} (mm)	Dimensiones comerciales (cm)
35	6.56	2.00	160	70x70x90 cm
36	9.40	2.00	160	60x60x70 cm
37	3.33	2.00	160	60x60x65 cm
38	7.49	2.00	160	60x60x50 cm
55	8.06	2.00	160	60x60x70 cm
56	9.74	2.00	160	60x60x50 cm
Abreviaturas utilizadas				
Ref.	Referencia en planos		ic	Pendiente del colector
Ltr	Longitud entre arquetas		D _{sal}	Diámetro del colector de salida

5.2.3.Coletores mixtos

Acometida 1

Colectores											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D _{min} (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q _b (m ³ /h)	K	Q _s (m ³ /h)	Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
1-2	3.40	2.00	40.00	160	87.78	0.43	37.57	41.47	1.47	152	160
2-13	1.45	2.00	27.00	160	56.76	0.45	25.52	33.18	1.32	154	160
Abreviaturas utilizadas											
L	Longitud medida sobre planos					Q _s	Caudal con simultaneidad (Q _b x k)				
i	Pendiente					Y/D	Nivel de llenado				
UDs	Unidades de desagüe					v	Velocidad				
D _{min}	Diámetro nominal mínimo					D _{int}	Diámetro interior comercial				
Q _b	Caudal bruto					D _{com}	Diámetro comercial				
K	Coeficiente de simultaneidad										

4.6. Protección frente al ruido

- 1. Exigencias básicas de protección..... 2**
- 2. Fichas justificativas de la opción general de aislamiento acústico... 2**

1. Exigencias básicas de protección

El objetivo del requisito básico "Protección frente al ruido" consiste en limitar, dentro del edificio y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestas o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, el edificio se proyecta, construye y mantiene de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

El Documento Básico "DB HR Protección frente al ruido" especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido

2. Fichas justificativas de la opción general de aislamiento acústico

Las tablas siguientes recogen las fichas justificativas del cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico, calculado mediante la opción general de cálculo recogida en el punto 3.1.3 (CTE DB HR), correspondiente al modelo simplificado para la transmisión acústica estructural de la UNE EN 12354, partes 1, 2 y 3.

Tabiquería:	
Tipo	Características en proyecto exigido
Muro exterior de granito	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 1584.8$ $R_A \text{ (dBA)} = 39.0 \geq 33$
Muro exterior de granito	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 1596.3$ $R_A \text{ (dBA)} = 39.0 \geq 33$
Muro interior de granito	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 1560.0$ $R_A \text{ (dBA)} = 78.0 \geq 33$
Muro interior de granito	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 1571.5$ $R_A \text{ (dBA)} = 78.2 \geq 33$
Tabique PYL 100/600(70) LM	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 26.6$ $R_A \text{ (dBA)} = 45.0 \geq 33$
Tabique PYL 100/600(70) LM	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 38.1$ $R_A \text{ (dBA)} = 45.0 \geq 33$
Tabique PYL 100/600(70) LM	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 49.6$ $R_A \text{ (dBA)} = 45.0 \geq 33$

Elementos de separación verticales entre:				
Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico en proyecto exigido
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso ⁽¹⁾ (si los recintos no comparten puertas ni ventanas)	Protegido	Elemento base		No procede
		Trasdosado		
		Puerta o ventana		No procede
		Cerramiento		No procede
		Elemento base		No procede
		Trasdosado		
		Elemento base		No procede
		Trasdosado		
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso ⁽¹⁾ (si los recintos no comparten puertas ni ventanas)	Habitable	Elemento base		No procede
		Trasdosado		
		Puerta o ventana		No procede
		Cerramiento		No procede
		Elemento base		No procede
		Trasdosado		
		Puerta o ventana		No procede
		Cerramiento		No procede
		Elemento base		No procede
		Trasdosado		
Puerta o ventana		No procede		

Elementos de separación verticales entre:			
Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características
Aislamiento acústico en proyecto exigido			
puertas o ventanas)		Cerramiento	No procede

(1) Siempre que no sea recinto de instalaciones o recinto de actividad

(2) Sólo en edificios de uso residencial o sanitario

Elementos de separación horizontales entre:				
Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico en proyecto exigido
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso ⁽¹⁾	Protegido	Forjado		No procede
		Suelo flotante		
		Techo suspendido		
De instalaciones		Forjado		No procede
		Suelo flotante		
		Techo suspendido		
De actividad		Forjado		No procede
		Suelo flotante		
		Techo suspendido		
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso ⁽¹⁾	Habitable	Forjado		No procede
		Suelo flotante		
		Techo suspendido		
De instalaciones		Forjado		No procede
		Suelo flotante		
		Techo suspendido		
De actividad		Forjado		No procede

Elementos de separación horizontales entre:				
Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico en proyecto exigido
		Suelo flotante		
		Techo suspendido		

⁽¹⁾ Siempre que no sea recinto de instalaciones o recinto de actividad

Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior:				
Ruido exterior	Recinto receptor	Tipo	Aislamiento acústico en proyecto exigido	
$L_d = 60 \text{ dBA}$	Protegido (Dormitorio)	Parte ciega: Muro de mampostería de granito revestido y trasdosado - Trasdoso autoportante Pizarra sobre rastreles (Entramado inclinado de madera en formación de cubierta) Huecos: Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 6/10/6 templ.lite azur.lite color azul	$D_{2m,nT,Atr} = 32 \text{ dBA} \geq 30 \text{ dBA}$	

La tabla siguiente recoge la situación exacta en el edificio de cada recinto receptor, para los valores más desfavorables de aislamiento acústico calculados ($D_{nT,A}$, $L'_{nT,w}$, y $D_{2m,nT,Atr}$), mostrados en las fichas justificativas del cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico impuestos en el Documento Básico CTE DB HR, calculados mediante la opción general.

Tipo de cálculo	Emisor	Recinto receptor		
		Tipo	Planta	Nombre del recinto
Ruido aéreo exterior en fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior		Protegido	Planta Alta	Dormitorio 3 (Dormitorio)

4.7. Ahorro de energía

1.	HE1 Limitación de la demanda energética	2
2.	HE2 Rendimiento de las instalaciones térmicas	6
3.	HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	6
4.	HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	7
4.1.	Datos de partida	7
4.1.1.	Descripción del edificio.....	7
4.1.2.	Condiciones climáticas	8
4.1.3.	Condiciones de uso.....	8
4.2.	Cálculo y dimensionado	10
4.2.1.	Diseño del sistema de captación.....	10
4.2.2.	Diseño del sistema intercambiador-acumulador.....	12
4.2.3.	Diseño del circuito hidráulico	13
5.	HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica	18

1. HE1 Limitación de la demanda energética

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensaciones superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

Ficha 1: Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA D1	Zona de baja carga interna <input checked="" type="checkbox"/>	Zona de alta carga interna <input type="checkbox"/>
--------------------------	---	--

Muros (U_{Mm}) y (U_{Tm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m²K)	A · U (W/K)	Resultados
N	Muro de mampostería de granito revestido y trasdosado - Trasdoso autoportante	42.27	0.50	20.99	$\Sigma A = 42.27 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 20.99 \text{ W/K}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$
E	Muro de mampostería de granito revestido y trasdosado - Trasdoso autoportante	30.91	0.50	15.38	$\Sigma A = 30.91 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 15.38 \text{ W/K}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$
O	Muro de mampostería de granito revestido y trasdosado - Trasdoso autoportante	29.81	0.50	14.80	$\Sigma A = 29.81 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 14.80 \text{ W/K}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$
S	Muro de mampostería de granito revestido y trasdosado - Trasdoso autoportante	22.89	0.50	11.39	$\Sigma A = 47.38 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 19.18 \text{ W/K}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Muro exterior de granito (b = 0.83)	13.83	0.29	4.04	
	Muro exterior de granito	10.66	0.35	3.75	
SE					$\Sigma A = \text{[]}$ $\Sigma A \cdot U = \text{[]}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = \text{[]}$
SO					$\Sigma A = \text{[]}$ $\Sigma A \cdot U = \text{[]}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = \text{[]}$
C-TER					$\Sigma A = \text{[]}$ $\Sigma A \cdot U = \text{[]}$

Muros (U_{Mm}) y (U_{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² K)	A · U (W/K)	Resultados
					$U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

Suelos (U_{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² K)	A · U (W/K)	Resultados
SOLERA VENTILADA TIPO CAVITI - Solado de baldosas cerámicas colocadas con adhesivo (B' = 4.9 m)		17.82	0.36	6.36	$\Sigma A = 85.92 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 28.38 \text{ W/K}$ $U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.33 \text{ W/m}^2\text{K}$
SOLERA VENTILADA TIPO CAVITI - Pavimento laminado (B' = 4.9 m)		46.23	0.35	16.12	
SOLERA VENTILADA TIPO CAVITI - Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Pavimento laminado (B' = 4.9 m)		21.86	0.27	5.89	

Cubiertas y lucernarios (U_{Cm} , F_{Lm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² K)	A · U (W/K)	Resultados
Pizarra sobre rastreles (Entramado inclinado de madera en formación de cubierta)		87.46	0.31	27.02	$\Sigma A = 104.41 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 33.42 \text{ W/K}$ $U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.32 \text{ W/m}^2\text{K}$
Falso techo continuo de placas de escayola, mediante estopadas colgantes - Pizarra sobre rastreles (Entramado inclinado de madera en formación de cubierta)		15.85	0.22	3.43	
Velux 0.98x0.94		1.10	2.70	2.97	

Tipos	A (m ²)	F	A · F (m ²)	Resultados
Velux 0.98x0.94	1.10	0.36	0.40	$\Sigma A = 1.10 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot F = 0.40 \text{ m}^2$ $F_{Lm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0.36$

Huecos (U_{Hm} , F_{Hm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² K)	A · U (W/K)	Resultados
N	Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templite Azur.lite color azul	2.10	1.92	4.03	$\Sigma A = 11.00 \text{ m}^2$

Huecos (U_{Hm} , F_{Hm})				
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² K)	A · U (W/K)	Resultados
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	1.68	2.89	4.86	$\Sigma A \cdot U = 28.09$ W/K $U_{Hm} = \Sigma A \cdot 2.55$ $U / \Sigma A = W/m^2K$
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	2.66	2.59	6.89	
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	4.56	2.70	12.31	

Tipos		A (m²)	U	F	A · U	A · F (m²)	Resultados
E	Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	3.36	2.89	0.16	9.71	0.54	$\Sigma A = 8.68 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 23.49 \text{ W/K}$ $\Sigma A \cdot F = 1.60 \text{ m}^2$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot 2.71$ $U / \Sigma A = \text{W/m}^2\text{K}$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot$ $F / \Sigma A = 0.18$
	Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	5.32	2.59	0.20	13.78	1.06	
O	Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	4.08	2.77	0.20	11.30	0.82	$\Sigma A = 9.02 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 24.35 \text{ W/K}$ $\Sigma A \cdot F = 1.80 \text{ m}^2$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot 2.70$ $U / \Sigma A = \text{W/m}^2\text{K}$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot$ $F / \Sigma A = 0.20$
	Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	2.66	2.59	0.20	6.89	0.53	
	Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	2.28	2.70	0.20	6.16	0.46	
S	Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	1.68	2.89	0.09	4.86	0.15	$\Sigma A = 4.34 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 11.74 \text{ W/K}$ $\Sigma A \cdot F = 0.47 \text{ m}^2$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot 2.71$ $U / \Sigma A = \text{W/m}^2\text{K}$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot$ $F / \Sigma A = 0.11$
	Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 6/10/6 Templá.lite Azur.lite color azul	2.66	2.59	0.12	6.89	0.32	
SE							$\Sigma A =$ <input type="text"/> $\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/> $\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/> $U_{Hm} = \Sigma A \cdot$ $U / \Sigma A =$ <input type="text"/> $F_{Hm} = \Sigma A \cdot$ $F / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SO							$\Sigma A =$ <input type="text"/> $\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/> $\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>

Tipos	A (m ²)	U	F	A · U	A · F (m ²)	Resultados
						$U_{Hm} = \Sigma A \cdot$ $U / \Sigma A =$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot$ $F / \Sigma A =$

Ficha 2: Conformidad. Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA D1	Zona de baja carga interna <input checked="" type="checkbox"/>	Zona de alta carga interna <input type="checkbox"/>
--------------------------	---	--

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{m\acute{a}x(proyecto)}^{(1)}$	$U_{m\acute{a}x}^{(2)}$
Muros de fachada	0.50 W/m ² K	≤ 0.86 W/m ² K
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	0.84 W/m ² K	≤ 0.86 W/m ² K
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0.35 W/m ² K	≤ 0.86 W/m ² K
Suelos	0.36 W/m ² K	≤ 0.64 W/m ² K
Cubiertas	0.31 W/m ² K	≤ 0.49 W/m ² K
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios	2.89 W/m ² K	≤ 3.50 W/m ² K
Medianerías		≤ 1.00 W/m ² K

Particiones interiores (edificios de viviendas) ⁽³⁾		≤ 1.20 W/m ² K
--	--	---------------------------

Muros de fachada			Huecos			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0.50 W/m ² K	≤ 0.66 W/m ² K	2.55 W/m ² K	≤ 3.00 W/m ² K		
E	0.50 W/m ² K	≤ 0.66 W/m ² K	2.71 W/m ² K	≤ 2.90 W/m ² K		≤
O	0.50 W/m ² K	≤ 0.66 W/m ² K	2.70 W/m ² K	≤ 2.90 W/m ² K		≤
S	0.40 W/m ² K	≤ 0.66 W/m ² K	2.71 W/m ² K	≤ 3.50 W/m ² K		≤
SE		≤ 0.66 W/m ² K		≤ 3.50 W/m ² K		≤
SO		≤ 0.66 W/m ² K		≤ 3.50 W/m ² K		≤

Cerr. contacto terreno		Suelos		Cubiertas y lucernarios		Lucernarios	
$U_{Tm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$	$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$	$F_{Lm}^{(4)}$	$F_{Llim}^{(5)}$
	≤ 0.66 W/m ² K	0.33 W/m ² K	≤ 0.49 W/m ² K	0.32 W/m ² K	≤ 0.38 W/m ² K	0.36	≤ 0.36

(1) $U_{m\acute{a}x(proyecto)}$ corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en el proyecto.

(2) $U_{m\acute{a}x}$ corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2.1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.

(3) En edificios de viviendas, $U_{m\acute{a}x(proyecto)}$ de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefactadas.

(4) Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.

(5) Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2.

Ficha 3: Conformidad. Condensaciones

Cerramientos, particiones interiores, puentes térmicos								
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales					
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5
Muro de mampostería de granito revestido y trasdosado - Trasdoso autoportante	f_{Rsi}	0.88	P_n	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	f_{Rmin}	0.61	$P_{sat,n}$					
Muro de mampostería de granito revestido y trasdosado - Trasdoso autoportante	f_{Rsi}	0.88	P_n	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	f_{Rmin}	0.61	$P_{sat,n}$					
Pizarra sobre rastreles (Entramado inclinado de madera en formación de cubierta)	f_{Rsi}	0.92	P_n	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	f_{Rmin}	0.61	$P_{sat,n}$					
Falso techo continuo de placas de escayola, mediante estopadas colgantes - Pizarra sobre rastreles (Entramado inclinado de madera en formación de cubierta)	f_{Rsi}	0.95	P_n	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	f_{Rmin}	0.61	$P_{sat,n}$					
Puente térmico en esquina saliente de cerramiento	f_{Rsi}	0.69	P_n					
	f_{Rmin}	0.61	$P_{sat,n}$					
Puente térmico en esquina entrante de cerramiento	f_{Rsi}	0.91	P_n					
	f_{Rmin}	0.61	$P_{sat,n}$					
Puente térmico entre cerramiento y cubierta	f_{Rsi}	0.65	P_n					
	f_{Rmin}	0.61	$P_{sat,n}$					
Puente térmico entre cerramiento y solera	f_{Rsi}	0.72	P_n					
	f_{Rmin}	0.61	$P_{sat,n}$					
Puente térmico entre cerramiento y forjado	f_{Rsi}	0.66	P_n					
	f_{Rmin}	0.61	$P_{sat,n}$					

2. HE2 Rendimiento de las instalaciones térmicas

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta sección se desarrolla en el Anejo 7: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE.

3. HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Esta sección es de aplicación a las instalaciones de iluminación interior en:

- Edificios de nueva construcción;
- Intervenciones en edificios existentes con una superficie útil total final (incluidas las partes ampliadas en su caso) superior a 1000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada;
- Otras intervenciones en edificios existentes en las que se renueve o amplíe una parte de la instalación en cuyo caso se adecuará la parte de la instalación renovada o ampliada para que se cumplan los valores de eficiencia

energética límite en función de la actividad y, cuando la renovación afecte a zonas del edificio para las cuales se establezca la obligatoriedad de sistemas de control o regulación, se dispondrán estos sistemas;

- d) Cambios de uso característico del edificio;
- e) Cambios de actividad en una zona del edificio que impliquen un valor más bajo del Valor de Eficiencia Energética de la Instalación límite, respecto al de la actividad inicial, en cuyo caso se adecuará la instalación de dicha zona.

Se excluyen del ámbito de aplicación:

- a) Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años;
- b) Edificios industriales, de la defensa y agrícolas o en partes de los mismos, en la parte destinada a talleres y procesos industriales, de la defensa y agrícolas no residenciales;
- c) Edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m²;
- d) Interiores de viviendas;
- e) Los edificios históricos protegidos cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

Por lo tanto, tal y como se explica en el punto d, esta sección no es de aplicación en este proyecto.

4. HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

4.1. Datos de partida

4.1.1. Descripción del edificio

Edificio situado en Palas de Rei, zona climática II según el apartado 4.2, 'Zonas climáticas', de la sección HE 4 del DB HE Ahorro de energía del CTE (radiación solar global media diaria anual de 13.84 MJ/m²).

Coordenadas geográficas:

Latitud	42° 52' 48" N
Longitud	7° 52' 12" O

La vivienda está compuesta por 4 dormitorios y tiene asignada una ocupación de 5 personas.

Los captadores se dispondrán sobre su correspondiente soporte orientados al S (180°).

4.1.2. Condiciones climáticas

Mes	Radiación global (MJ/m ²)	Temperatura ambiente diaria (°C)	Temperatura de red (°C)
Enero	5.94	5	6
Febrero	8.53	5	7
Marzo	13.10	7	8
Abril	16.16	8	10
Mayo	19.15	11	11
Junio	22.57	14	13
Julio	22.79	16	15
Agosto	20.56	16	15
Septiembre	15.66	15	14
Octubre	9.76	11	11
Noviembre	6.44	7	8
Diciembre	5.04	5	7

4.1.3. Condiciones de uso

Teniendo en cuenta el nivel de ocupación, se obtiene un valor medio de 28.0 l por persona y día, con una temperatura de consumo de referencia de 60 °C. Como la temperatura de uso se considera de 45 °C, distinta de 60 °C, debe corregirse este consumo medio de tal forma que la demanda energética final del sistema, para cada mes, sea equivalente a la obtenida con el consumo definido a la temperatura de referencia.

Para la corrección se ha utilizado la siguiente expresión:

donde:

$C_i(T)$: Consumo de agua caliente para el mes i a la temperatura T elegida;

$C_i(60\text{ °C})$: Consumo de agua caliente para el mes i a la temperatura de 60 °C;

T : Temperatura del acumulador final;

T_i : Temperatura media del agua fría en el mes i ;

Al tratarse de una vivienda unifamiliar, se asume un coeficiente de simultaneidad igual a 1.

Número de dormitorios	4
Ocupación (Nº personas)	5

Consumo de referencia litros/día	140
----------------------------------	-----

A partir de los datos anteriores se puede calcular la demanda energética para cada mes. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Mes	Ocupación (%)	Consumo (m ³)	Temperatura de red (°C)	Salto térmico (°C)	Demanda (MJ)
Enero	100	6.0	6	39	962.63
Febrero	100	5.5	7	38	853.22
Marzo	100	6.1	8	37	926.65
Abril	100	6.0	10	35	874.98
Mayo	100	6.2	11	34	886.15
Junio	100	6.2	13	32	822.74
Julio	100	6.5	15	30	814.18
Agosto	100	6.5	15	30	814.18
Septiembre	100	6.2	14	31	805.33
Octubre	100	6.3	11	34	872.67
Noviembre	100	5.9	8	37	896.76
Diciembre	100	6.1	7	38	944.64

La descripción de los valores mostrados, para cada columna, es la siguiente:

- Ocupación: Estimación del porcentaje mensual de ocupación.
- Consumo: Se calcula mediante la siguiente formula:
- Temperatura de red: Temperatura de suministro de agua (valor mensual en °C).
- Demanda térmica: Expresa la demanda energética necesaria para cubrir el consumo necesario de agua caliente. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

donde:

Q_{acs} : Demanda de agua caliente (MJ).

ρ : Densidad volumétrica del agua (Kg/m³).

C: Consumo (m³).

C_p : Calor específico del agua (MJ/kg°C).

ΔT : Salto térmico ($^{\circ}\text{C}$).

4.2. Cálculo y dimensionado

4.2.1. Diseño del sistema de captación

4.2.1.1. Captadores. Curvas de rendimiento

El sistema de captación estará formado por elementos cuya curva de rendimiento INTA es:

donde:

η_0 : Factor óptico (0.82).

a_1 : Coeficiente de pérdida (4.23).

t^e : Temperatura media ($^{\circ}\text{C}$).

t^a : Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$).

I : Irradiación solar (W/m^2).

El tipo y disposición de los captadores que se han seleccionado se describe a continuación:

Modelo	Disposición	Número total de captadores	Número total de baterías
	En paralelo	1	1 de 1 unidades

4.2.1.2. Conjuntos de captación

En la siguiente tabla pueden consultarse los volúmenes de acumulación y áreas de intercambio totales para cada conjunto de captación:

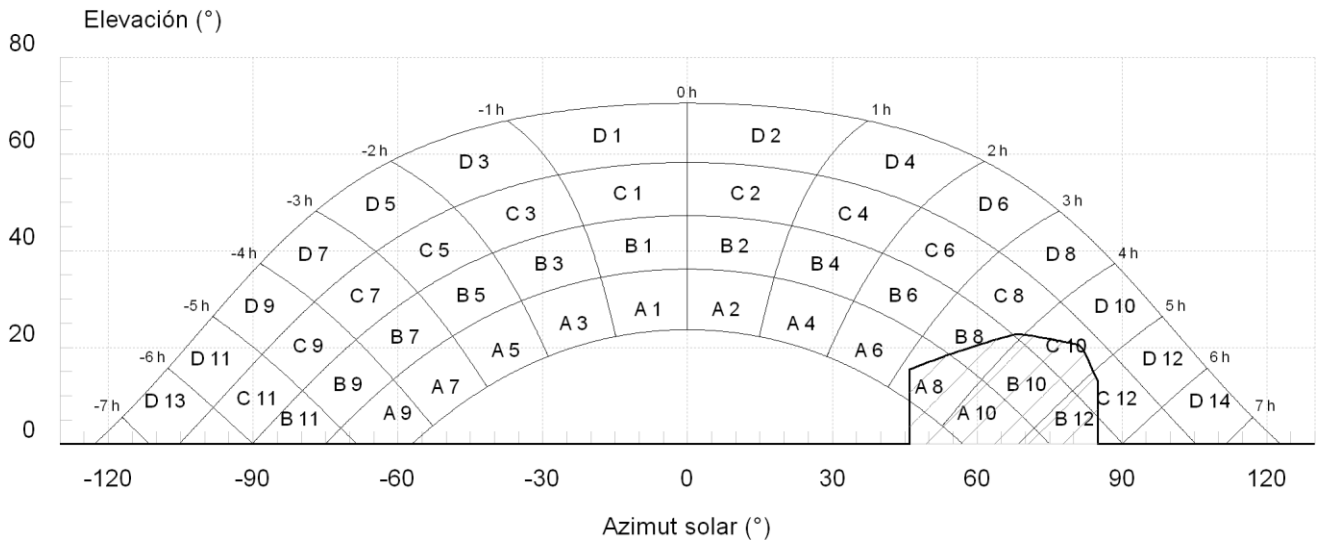
Conj. captación	Vol. acumulación (l)	Sup. captación (m^2)
1	200	2.02

4.2.1.3. Determinación de la radiación

Para obtener la radiación solar efectiva que incide sobre los captadores se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Orientación	S (180°)
Inclinación	40°

Las sombras proyectadas sobre los captadores son:



(inclinación 40.00°, orientación 0.00°)			
Porción	Factor de llenado (real)	Pérdidas (%)	Contribución (%)
A 8	0.75 (0.72)	0.98	0.73
A 10	1.00 (1.00)	0.11	0.11
B 8	0.25 (0.32)	0.99	0.25
B 10	1.00 (1.00)	0.42	0.42
B 12	0.75 (0.87)	0.02	0.01
C 8	0.00 (0.01)	1.08	0.00
C 10	0.50 (0.48)	0.52	0.26
C 12	0.25 (0.15)	0.10	0.03
		TOTAL (%)	1.81

4.2.1.4. Dimensionamiento de la superficie de captación

El dimensionamiento de la superficie de captación se ha realizado mediante el método de las curvas 'f' (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura solar y del rendimiento medio para periodos de cálculo mensuales y anuales.

Se asume un volumen de acumulación equivalente, de forma aproximada, a la carga de consumo diario promedio. La superficie de captación se dimensiona para conseguir una fracción solar anual superior al 50%.

El valor resultante para la superficie de captación es de 2.02 m², y para el volumen de captación de 200 l.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Mes	Radiación global (MJ/m ²)	Temperatura ambiente diaria (°C)	Demanda (MJ)	Energía auxiliar (MJ)	Fracción solar (%)
Enero	5.94	5	962.63	697.94	27
Febrero	8.53	5	853.22	521.48	39
Marzo	13.10	7	926.65	414.84	55
Abril	16.16	8	874.98	337.11	61
Mayo	19.15	11	886.15	289.24	67
Junio	22.57	14	822.74	184.03	78
Julio	22.79	16	814.18	145.17	82
Agosto	20.56	16	814.18	142.62	82
Septiembre	15.66	15	805.33	218.89	73
Octubre	9.76	11	872.67	421.36	52
Noviembre	6.44	7	896.76	586.56	35
Diciembre	5.04	5	944.64	712.20	25

4.2.1.5. Cálculo de la cobertura solar

La energía producida no supera, en ningún mes, el 110% de la demanda de consumo, y no hay una demanda superior al 100% para tres meses consecutivos.

La cobertura solar anual conseguida mediante el sistema es igual al 55%.

4.2.2. Diseño del sistema intercambiador-acumulador

La instalación consta de un circuito primario cerrado (circulación forzada) dotado de un sistema de captación (con una superficie total de captación de 2 m²) y con un intercambiador, incluido en el acumulador de la vivienda. Se ha previsto, además, la instalación de un sistema de energía auxiliar.

El volumen de acumulación se ha seleccionado cumpliendo con:

$$50 < (V/A) < 180$$

donde:

A: Suma de las áreas de los captadores.

V: Volumen de acumulación expresado en litros.

Unidad de ocupación	Caudal l/h:	Pérdida de carga Pa:	Sup. intercambio m²:	Diámetro mm:	Altura (mm)	Vol. acumulación (l)
	648	800.0	1.10	604	1240	200
Total			1.10			200

La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación es superior a 0.15 e inferior o igual a 1.

4.2.3. Diseño del circuito hidráulico

4.2.3.1. Cálculo del diámetro de las tuberías

Tanto para el circuito primario de la instalación, como para el secundario, se utilizarán tuberías de cobre.

El diámetro de las tuberías se selecciona de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s. El dimensionamiento de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en las mismas nunca sea superior a 40.00 mm.c.a/m.

4.2.3.2. Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación

Deben determinarse las pérdidas de carga en los siguientes componentes de la instalación:

- Captadores
- Tuberías (montantes y derivaciones a las baterías de captadores del circuito primario).
- Intercambiador

FÓRMULAS UTILIZADAS

Para el cálculo de la pérdida de carga, ΔP , en las tuberías, utilizaremos la formulación de Darcy-Weisbach que se describe a continuación:

donde:

ΔP : Pérdida de carga (m.c.a).

λ : Coeficiente de fricción

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

v: Velocidad del fluido (m/s).

Para calcular las pérdidas de carga, se le suma a la longitud real de la tubería la longitud equivalente correspondiente a las singularidades del circuito (codos, té, válvulas, etc.). Ésta longitud equivalente corresponde a la longitud de tubería que provocaría una pérdida de carga igual a la producida por dichas singularidades.

De forma aproximada, la longitud equivalente se calcula como un porcentaje de la longitud real de la tubería. En este caso, se ha asumido un porcentaje igual al 15%.

El coeficiente de fricción, λ , depende del número de Reynolds.

Cálculo del número de Reynolds: (R_e)

donde:

R_e : Valor del número de Reynolds (adimensional).

ρ : 1000 Kg/m³

v: Velocidad del fluido (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

μ : Viscosidad del agua (0.001 poises a 20°C).

Cálculo del coeficiente de fricción (λ) para un valor de R_e comprendido entre 3000 y 10⁵ (éste es el caso más frecuente para instalaciones de captación solar):

Como los cálculos se han realizado suponiendo que el fluido circulante es agua a una temperatura de 45°C y con una viscosidad de 2.921120 mPa·s, los valores de la pérdida de carga se multiplican por el siguiente factor de corrección:

4.2.3.2.1.1. Bomba de circulación

Caudal (l/h)	Presión (Pa)
120.0	7063.2

Los materiales constitutivos de la bomba en el circuito primario son compatibles con la mezcla anticongelante.

La bomba de circulación necesaria en el circuito primario se debe dimensionar para una presión disponible igual a las pérdidas totales del circuito (tuberías, captadores e intercambiadores). El caudal de circulación tiene un valor de 120.00 l/h.

La pérdida de presión en el conjunto de captación se calcula mediante la siguiente fórmula:

donde:

ΔP_T : Pérdida de presión en el conjunto de captación.

ΔP : Pérdida de presión para un captador

N: Número total de captadores

La pérdida de presión en el intercambiador tiene un valor de 800.0 Pa.

Por tanto, la pérdida de presión total en el circuito primario tiene un valor de 7026 KPa.

La potencia de la bomba de circulación tendrá un valor de 0.07 kW. Dicho valor se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

donde:

P: Potencia eléctrica (kW)

C: Caudal (l/s)

Δp : Pérdida total de presión de la instalación (Pa).

4.2.3.3. Vaso de expansión

El valor teórico del coeficiente de expansión térmica, calculado según la norma UNE 100.155, es de 0.086. El vaso de expansión seleccionado tiene una capacidad de 5 l.

Para calcular el volumen necesario se ha utilizado la siguiente fórmula:

donde:

V_t : Volumen útil necesario (l).

V : Volumen total de fluido de trabajo en el circuito (l).

C_e : Coeficiente de expansión del fluido.

C_p : Coeficiente de presión

El volumen total de fluido contenido en el circuito primario se obtiene sumando el contenido en las tuberías (6.13 l), en los elementos de captación (1.36 l) y en el intercambiador (7.50 l). En este caso, el volumen total es de 14.99 l.

Con los valores de la temperatura mínima (-9°C) y máxima (140°C), y el valor del porcentaje de glicol etilénico en agua (29%) se obtiene un valor de ' C_e ' igual a 0.086. Para calcular este parámetro se han utilizado las siguientes expresiones:

donde:

f_c : Factor de correlación debido al porcentaje de glicol etilénico.

t : Temperatura máxima en el circuito.

El factor ' f_c ' se calcula mediante la siguiente expresión:

donde:

$$a = -0.0134 \cdot (G^2 - 143.8 \cdot G + 1918.2) = 18.93$$

$$b = 0.00035 \cdot (G^2 - 94.57 \cdot G + 500.) = -0.49$$

G : Porcentaje de glicol etilénico en agua (29%).

El coeficiente de presión (C_p) se calcula mediante la siguiente expresión:

donde:

P_{max} : Presión máxima en el vaso de expansión.

P_{min} : Presión mínima en el vaso de expansión.

El punto de mínima presión de la instalación corresponde a los captadores solares, ya que se encuentran a la cota máxima. Para evitar la entrada de aire, se considera una presión mínima aceptable de 1.5 bar.

La presión mínima del vaso debe ser ligeramente inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad (aproximadamente 0.9 veces). Por otro lado, el componente crítico respecto a la presión es el captador solar, cuya presión máxima es de 6 bar (sin incorporar el kit de fijación especial).

A partir de las presiones máxima y mínima, se calcula el coeficiente de presión (C_p). En este caso, el valor obtenido es de 1.3.

4.2.3.4. Fluido caloportador

Para evitar riesgos de congelación en el circuito primario, el fluido caloportador incorporará anticongelante.

En este caso, se ha elegido como fluido caloportador una mezcla comercial de agua y propilenglicol al 29%, con lo que se garantiza la protección de los captadores contra rotura por congelación hasta una temperatura de -14°C , así como contra corrosiones e incrustaciones, ya que dicha mezcla no se degrada a altas temperaturas. En caso de fuga en el circuito primario, cuenta con una composición no tóxica y aditivos estabilizantes.

Las principales características de este fluido caloportador son las siguientes:

- Densidad: 1048.03 Kg/m^3 .
- Calor específico: 3.659 KJ/kgK .
- Viscosidad (45°C): $2.92 \text{ mPa}\cdot\text{s}$.

La temperatura histórica en la zona es de -9°C . La instalación debe estar preparada para soportar sin congelación una temperatura de -14°C (5° menos que la temperatura mínima histórica). Para ello, el porcentaje en peso de anticongelante será de 29% con un calor específico de 3.659 KJ/kgK y una viscosidad de $2.921120 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ a una temperatura de 45°C .

5. HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

Según el CTE DB HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica esta sección es de aplicación a:

- a) Edificios de nueva construcción y a edificios existentes que se reformen íntegramente, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, para los usos indicados en la tabla 1.1 cuando se superen los 5000 m² de superficie construida;
- b) Ampliaciones en edificios existentes, cuando la ampliación corresponda a alguno de los usos establecidos en la tabla 1.1 y la misma supere 5000 m² de superficie construida.

Se considerará que la superficie construida incluye la superficie del aparcamiento subterráneo (si existe) y excluye las zonas exteriores comunes.

Tabla 1.1 Ámbito de aplicación

Tipo de uso
Hipermercado
Multi-tienda y centros de ocio
Nave de almacenamiento y distribución
Instalaciones deportivas cubiertas
Hospitales, clínicas y residencias asistidas
Pabellones de recintos feriales

El edificio objeto del presente proyecto es de uso residencial por lo que, no necesita instalación solar fotovoltaica para producción de energía eléctrica.

4.8. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

1.	Exigencias técnicas.....	2
1.1.	Exigencia de bienestar e higiene.....	2
1.1.1.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.....	2
1.1.2.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2	3
1.1.3.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3.....	4
1.1.4.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4	4
1.2.	Exigencia de eficiencia energética	4
1.2.1.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1	4
1.2.2.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2.....	6
1.2.3.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3	9
1.2.4.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5	11
1.2.5.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6	11
1.2.6.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7	11
1.2.7.	Lista de los equipos consumidores de energía.....	11
1.3.	Exigencia de seguridad	12
1.3.1.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.	12
1.3.2.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.	13
1.3.3.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.	14
1.3.4.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.	14

1. Exigencias técnicas

Las instalaciones térmicas del edificio objeto del presente proyecto han sido diseñadas y calculadas de forma que:

- Se obtiene una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de agua caliente sanitaria que son aceptables para los usuarios de la vivienda sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo la exigencia de bienestar e higiene.
- Se reduce el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, cumpliendo la exigencia de eficiencia energética.
- Se previene y reduce a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades, cumpliendo la exigencia de seguridad.

1.1. Exigencia de bienestar e higiene

1.1.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la siguiente tabla aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

Parámetros	Límite
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

A continuación, se muestran los valores de condiciones interiores de diseño utilizadas en el proyecto:

Referencia	Condiciones interiores de diseño		
	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
Baño / Aseo	24	21	50
Cocina	24	21	50
Dormitorio	24	21	50
Pasillo / Distribuidor	24	21	50
Salón / Comedor	24	21	50

1.1.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2

1.1.2.1 Categorías de calidad del aire interior

La instalación proyectada se incluye en un edificio de viviendas, por tanto, se han considerado los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

1.1.2.2 Caudal mínimo de aire exterior

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario se calcula según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona y el método de caudal de aire por unidad de superficie, especificados en la instrucción técnica I.T.1.1.4.2.3.

Se describe a continuación la ventilación diseñada para los recintos utilizados en el proyecto.

Referencia	Caudales de ventilación		
	Por persona (m ³ /h)	Por unidad de superficie (m ³ /(h·m ²))	Por recinto (m ³ /h)
Baño / Aseo		2.7	54.0
Cocina		7.2	
Dormitorio	18.0	2.7	
Pasillo / Distribuidor		2.7	
Salón / Comedor	10.8	2.7	

1.1.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3

La temperatura de preparación del agua caliente sanitaria se ha diseñado para que sea compatible con su uso, considerando las pérdidas de temperatura en la red de tuberías.

La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS-4 del Código Técnico de la Edificación.

1.1.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico.

1.2. Exigencia de eficiencia energética

1.2.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1

1.2.1.1 Generalidades

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

1.2.1.2 Cargas térmicas

1.2.1.2.1 Cargas máximas simultáneas

A continuación, se muestra el resumen de la carga máxima simultánea para cada uno de los conjuntos de recintos:

Calefacción

Conjunto: Vivienda							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Cocina	Planta baja	562.59	128.34	400.17	54.01	962.76	962.76
Comedor	Planta baja	511.03	64.80	404.09	65.38	915.12	915.12
Salón	Planta baja	488.79	64.80	404.09	60.18	892.88	892.88
Vestíbulo	Planta baja	181.09	18.55	57.85	34.77	238.94	238.94
Pasillo	Planta baja	233.99	40.48	126.23	24.02	360.22	360.22
Dormitorio 1	Planta baja	340.42	37.35	232.90	41.45	573.32	573.32
Baño 1	Planta baja	70.87	54.00	168.37	66.97	239.24	239.24
Escaleras/Pasillo	Planta Alta	288.91	62.53	194.96	20.89	483.87	483.87
Dormitorio 2	Planta Alta	435.45	36.00	224.49	53.29	659.95	659.95
Dormitorio 3	Planta Alta	549.78	36.22	225.89	57.82	775.68	775.68
Dormitorio 4	Planta Alta	618.28	38.22	238.33	60.52	856.61	856.61
Salón 2	Planta Alta	476.26	64.80	404.09	77.83	880.35	880.35
Baño 2	Planta Alta	285.13	54.00	168.37	67.61	453.50	453.50
Baño 3	Planta Alta	54.05	54.00	168.37	33.83	222.42	222.42
Total			754.1	Carga total simultánea		8514.8	

En el anexo aparece el cálculo de la carga térmica para cada uno de los recintos de la instalación.

1.2.1.2.2 Cargas parciales y mínimas

Se muestran a continuación las demandas parciales por meses para cada uno de los conjuntos de recintos.

Calefacción:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
Vivienda	8.51	8.51	8.51

1.2.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2

1.2.2.1. Aislamiento térmico en redes de tuberías

1.2.2.1.1. Introducción

El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 'Procedimiento simplificado'. Este método define los espesores de aislamiento según la temperatura del fluido y el diámetro exterior de la tubería sin aislar. Las tablas 1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2 muestran el aislamiento mínimo para un material con conductividad de referencia a 10 °C de 0.040 W/(m·K).

El cálculo de la transmisión de calor en las tuberías se ha realizado según la norma UNE-EN ISO 12241.

1.2.2.1.2 Tuberías en contacto con el ambiente exterior

Se han considerado las siguientes condiciones exteriores para el cálculo de la pérdida de calor:

Temperatura seca exterior de invierno: 0.8 °C

Velocidad del viento: 5.2 m/s

A continuación, se describen las tuberías en el ambiente exterior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	Ø	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\Phi_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$q_{\text{cal.}}$ (W)
Tipo 1	32 mm	0.037	27	1.55	2.05	18.64	67.1
						Total	67

Tubería	\varnothing	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\Phi_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$q_{\text{cal.}}$ (W)
Abreviaturas utilizadas							
\varnothing	Diámetro nominal			$L_{\text{ret.}}$	Longitud de retorno		
$\lambda_{\text{aisl.}}$	Conductividad del aislamiento			$\Phi_{\text{m.cal.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud		
$e_{\text{aisl.}}$	Espesor del aislamiento			$q_{\text{cal.}}$	Pérdidas de calor para calefacción		
$L_{\text{imp.}}$	Longitud de impulsión						

Tubería	Referencia
Tipo 1	Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 25 % al cálculo de la pérdida de calor.

1.2.2.1.3 Tuberías en contacto con el ambiente interior

Se han considerado las condiciones interiores de diseño en los recintos para el cálculo de las pérdidas en las tuberías especificados en la justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.

A continuación, se describen las tuberías en el ambiente interior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	\varnothing	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\Phi_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$q_{\text{cal.}}$ (W)
Tipo 2	32 mm	0.037	27	0.74	0.45	13.10	15.6
Tipo 2	20 mm	0.037	25	8.39	8.17	9.87	163.4
Tipo 2	25 mm	0.037	25	8.40	8.19	11.07	183.6
						Total	363

Tubería	\varnothing	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\Phi_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$q_{\text{cal.}}$ (W)
Abreviaturas utilizadas							
\varnothing	Diámetro nominal			$L_{\text{ret.}}$	Longitud de retorno		
$\lambda_{\text{aisl.}}$	Conductividad del aislamiento			$\Phi_{\text{m.cal.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud		
$e_{\text{aisl.}}$	Espesor del aislamiento			$q_{\text{cal.}}$	Pérdidas de calor para calefacción		
$L_{\text{imp.}}$	Longitud de impulsión						

Tubería	Referencia
Tipo 2	Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 15 % al cálculo de la pérdida de calor.

1.2.2.1.4 Pérdida de calor en tuberías

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia de calefacción (kW)
Tipo 1	23.60
Total	23.60

Equipos	Referencia
Tipo 1	Caldera mural a gas N, para calefacción y A.C.S. instantánea, cámara de combustión abierta y tiro natural, encendido electrónico y seguridad por ionización, sin llama piloto, equipamiento formado por: cuerpo de caldera, panel de control y mando, vaso de expansión con purgador automático, kit estándar de evacuación de humos y plantilla de montaje

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la instalación es el siguiente:

Calefacción

Potencia de los equipos (kW)	q_{cal} (W)	Pérdida de calor (%)
23.60	429.6	1.8

Por tanto, la pérdida de calor en tuberías es inferior al 4.0 %.

1.2.2.2 Eficiencia energética de los motores eléctricos

Los motores eléctricos utilizados en la instalación quedan excluidos de la exigencia de rendimiento mínimo, según el punto 3 de la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.6.

1.2.2.3 Redes de tuberías

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

1.2.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3

1.2.3.1 Generalidades

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

1.2.3.2 Control de las condiciones termohigrométricas

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:

THM-C1:

Variación de la temperatura del fluido portador (agua-aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

Además, en los sistemas de calefacción por agua en viviendas se incluye una válvula termostática en cada una de las unidades terminales de los recintos principales.

THM-C2:

Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

THM-C3:

Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

THM-C4:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.

THM-C5:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

A continuación, se describe el sistema de control empleado para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Sistema de control
Vivienda	THM-C1

1.2.3.3 Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la tabla 2.4.3.2.

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

Se ha empleado en el proyecto el método IDA-C1.

1.2.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5

1.2.4.1 Zonificación

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

1.2.5. Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumple con la exigencia básica CTE HE 4 'Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria' mediante la justificación de su documento básico.

1.2.6. Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7

Se enumeran los puntos para justificar el cumplimiento de esta exigencia:

- El sistema de calefacción empleado no es un sistema centralizado que utilice la energía eléctrica por "efecto Joule".
- No se ha climatizado ninguno de los recintos no habitables incluidos en el proyecto.
- No se realizan procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento, ni se produce la interacción de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.
- No se contempla en el proyecto el empleo de ningún combustible sólido de origen fósil en las instalaciones térmicas.

1.2.7.1.2.7 Lista de los equipos consumidores de energía

Se incluye a continuación un resumen de todos los equipos proyectados, con su consumo de energía.

Calderas y grupos térmicos

Equipos	Referencia
Tipo 1	Caldera mural a gas N, para calefacción y A.C.S. instantánea, cámara de combustión abierta y tiro natural, encendido electrónico y seguridad por ionización, sin llama piloto, equipamiento formado por: cuerpo de caldera, panel de control y mando, vaso de expansión con purgador automático, kit estándar de evacuación de humos y plantilla de montaje

1.3. Exigencia de seguridad

1.3.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.

1.3.1.1 Condiciones generales

Los generadores de calor y frío utilizados en la instalación cumplen con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

1.3.1.2 Salas de máquinas

El ámbito de aplicación de las salas de máquinas, así como las características comunes de los locales destinados a las mismas, incluyendo sus dimensiones y ventilación, se ha dispuesto según la instrucción técnica 1.3.4.1.2 Salas de máquinas del RITE.

1.3.1.3 Chimeneas

La evacuación de los productos de la combustión de las instalaciones térmicas del edificio se realiza de acuerdo a la instrucción técnica 1.3.4.1.3 Chimeneas, así como su diseño y dimensionamiento y la posible evacuación por conducto con salida directa al exterior o al patio de ventilación.

1.3.1.4 Almacenamiento de biocombustibles sólidos

No se ha seleccionado en la instalación ningún productor de calor que utilice biocombustible.

1.3.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.

1.3.2.1. Alimentación

La alimentación de los circuitos cerrados de la instalación térmica se realiza mediante un dispositivo que sirve para reponer las pérdidas de agua.

El diámetro de la conexión de alimentación se ha dimensionado según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

1.3.2.2 Vaciado y purga

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal manera que pueden vaciarse de forma parcial y total. El vaciado total se hace por el punto accesible más bajo de la instalación con un diámetro mínimo según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Los puntos altos de los circuitos están provistos de un dispositivo de purga de aire.

1.3.2.3 Expansión y circuito cerrado

Los circuitos cerrados de agua de la instalación están equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permite absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

El diseño y el dimensionamiento de los sistemas de expansión y las válvulas de seguridad incluidos en la obra se han realizado según la norma UNE 100155.

1.3.2.4 Dilatación, golpe de ariete, filtración

Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura han sido compensadas según el procedimiento establecido en la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

La prevención de los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito se realiza conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

Cada circuito se protege mediante un filtro con las propiedades impuestas en la instrucción técnica 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

1.3.2.5 Conductos de aire

El cálculo y el dimensionamiento de la red de conductos de la instalación, así como elementos complementarios (plenums, conexión de unidades terminales, pasillos, tratamiento de agua, unidades terminales) se ha realizado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.10 Conductos de aire del RITE.

1.3.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.

Se cumple la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que es de aplicación a la instalación térmica.

1.3.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.

Ninguna superficie con la que existe posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, tiene una temperatura mayor que 60 °C.

Las superficies calientes de las unidades terminales que son accesibles al usuario tienen una temperatura menor de 80 °C.

La accesibilidad a la instalación, la señalización y la medición de la misma se ha diseñado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.4 Seguridad de utilización del RITE.

4.9. Instalación de calefacción

1	INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN	2
1.1	Sistemas de conducción de agua	2
1.2	Sistemas de suelo radiante.....	3
1.2.1	Bases de cálculo.....	3
1.2.2	Dimensionado	8
1.3	ANEXO A: NORMA UNE-EN 1264	10

1 INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

1.1 Sistemas de conducción de agua

Tuberías (Calefacción)								
Tramo			Φ	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	ΔP_1 (kPa)	ΔP (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
A133-Planta baja	A133-Planta baja	Impulsión (*)	20 mm	0.14	0.7	0.65	0.240	61.05
N3-Planta baja	A133-Planta baja	Impulsión (*)	20 mm	0.14	0.7	7.74	2.855	27.73
N3-Planta baja	N4-Planta baja	Impulsión	25 mm	0.17	0.5	1.05	0.180	25.05
N4-Planta baja	N2-Planta Alta	Impulsión	25 mm	0.17	0.5	2.96	0.509	25.56
A14-Planta baja	A14-Planta baja	Impulsión (*)	32 mm	0.31	0.6	1.55	0.235	24.76
A14-Planta baja	N3-Planta baja	Impulsión (*)	32 mm	0.31	0.6	0.74	0.112	24.87
A91-Planta Alta	A91-Planta Alta	Impulsión	25 mm	0.17	0.5	0.65	0.112	52.83
N2-Planta Alta	A91-Planta Alta	Impulsión	25 mm	0.17	0.5	3.75	0.645	26.21
A133-Planta baja	A133-Planta baja	Retorno (*)	20 mm	0.14	0.7	0.65	0.258	3.65
A133-Planta baja	N2-Planta baja	Retorno (*)	20 mm	0.14	0.7	7.52	2.988	3.39
N1-Planta baja	N2-Planta baja	Retorno	25 mm	0.17	0.5	0.86	0.160	0.57
N1-Planta baja	N1-Planta Alta	Retorno	25 mm	0.17	0.5	2.96	0.548	1.11
N2-Planta baja	A14-Planta baja	Retorno (*)	32 mm	0.31	0.6	0.95	0.154	0.41
A14-Planta baja	A14-Planta baja	Retorno (*)	32 mm	0.31	0.6	1.55	0.252	0.25
A91-Planta Alta	A91-Planta Alta	Retorno	25 mm	0.17	0.5	0.65	0.120	1.92
A91-Planta Alta	N1-Planta Alta	Retorno	25 mm	0.17	0.5	3.71	0.688	1.80
(*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.								
Abreviaturas utilizadas								
Φ	Diámetro nominal		L	Longitud				
Q	Caudal		ΔP_1	Pérdida de presión				
V	Velocidad		ΔP	Pérdida de presión acumulada				

1.2 Sistemas de suelo radiante

1.2.1 Bases de cálculo

1.2.1.1 Cálculo de la carga térmica de los recintos

Para diseñar una instalación de suelo radiante es necesario calcular previamente las cargas térmicas de los recintos. En caso de disponer de una instalación de refrigeración, se considera la carga térmica sensible instantánea para la hora y el día más desfavorable.

Una vez calculadas las cargas térmicas se describe la información necesaria para realizar el diseño de la instalación para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Recinto	Planta	$Q_{N,f}$ calefacción (W)	S (m ²)	q calefacción (W/m ²)
Vivienda	Comedor	Planta baja	915.12	14.00	65.4
	Salón	Planta baja	892.88	14.84	60.2
	Baño 1	Planta baja	239.24	3.57	67.0
	Cocina	Planta baja	962.76	17.83	54.0
	Dormitorio 1	Planta baja	573.32	13.83	41.4
	Salón 2	Planta Alta	880.35	11.31	77.8
	Dormitorio 2	Planta Alta	659.95	12.38	53.3
	Baño 2	Planta Alta	453.50	6.71	67.6
	Baño 3	Planta Alta	222.42	6.57	33.8
	Dormitorio 3	Planta Alta	775.68	13.42	57.8
	Dormitorio 4	Planta Alta	856.61	14.15	60.5

Abreviaturas utilizadas

$Q_{N,f}$ calefacción	Carga térmica de calefacción para el cálculo de suelo radiante	q calefacción	Densidad de flujo térmico para calefacción
$Q_{N,f}$ refrigeración	Carga térmica de refrigeración para el cálculo de suelo radiante	q refrigeración	Densidad de flujo térmico para refrigeración
S	Superficie del recinto		

Para realizar el cálculo de la instalación de suelo radiante se debe partir de una temperatura máxima de la superficie del suelo según el tipo de instalación:

Suelo radiante para calefacción:

Tipos de recinto	$\theta_{f,max}$ (°C)	θ_i (°C)	q_G (W/m ²)
Zona de permanencia (ocupada)	29	20	100
Cuartos de baño y similares	33	24	100
Zona periférica	35	20	175

Abreviaturas utilizadas

$\theta_{f,max}$	Temperatura máxima de la superficie del suelo	q_G	Densidad de flujo térmico límite
θ_i	Temperatura del recinto		

Suelo radiante para refrigeración:

Tipos de recinto		$q_{f,min}$ (°C)	q_i (°C)	q_G (W/m ²)
Zona de permanencia (ocupada)		19	24	35
Abreviaturas utilizadas				
$q_{f,min}$	Temperatura mínima de la superficie del suelo	q_G	Densidad de flujo térmico límite	
q_i	Temperatura del recinto			

siguiente expresión:

Calefacción

Refrigeración

La temperatura máxima en la superficie limita que el suelo radiante pueda cubrir el total de las cargas térmicas. Para este caso es necesario disponer de emisores térmicos auxiliares para complementar el sistema de suelo radiante. Para el caso de los recintos que superan la densidad máxima de flujo térmico se considera el límite descrito como valor de diseño.

1.2.1.2 Localización de los colectores

La instalación dispone de colectores de impulsión y de retorno que comunican el equipo productor con los circuitos de suelo radiante.

Los colectores deben disponerse en un lugar centrado respecto a los recintos a los que da servicio, normalmente en pasillos y distribuidores.

Se describe a continuación la localización de los armarios introducidos en el proyecto y el número de circuitos que abastecen.

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	Recinto	Planta
Vivienda	CC 1	C 1	Comedor	Planta baja
		C 2	Salón	Planta baja
		C 3	Baño 1	Planta baja
		C 4	Cocina	Planta baja
		C 5	Dormitorio 1	Planta baja
	CC 2	C 1	Salón 2	Planta Alta
		C 2	Dormitorio 2	Planta Alta
		C 3	Baño 2	Planta Alta
		C 4	Baño 3	Planta Alta
		C 5	Dormitorio 3	Planta Alta
		C 6	Dormitorio 4	Planta Alta

1.2.1.3 Diseño de circuitos. Cálculo de longitudes

La longitud de la tubería para cada circuito se calcula mediante la siguiente expresión:

donde:

A = Área a climatizar cubierta por el circuito (m^2)

e = Separación entre tuberías (m)

l = Distancia entre el colector y el área a climatizar (m)

Se describen, a continuación, los parámetros necesarios para el diseño de cada uno de los circuitos de la instalación:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	Trazado	Separación entre tuberías (cm)	S (m ²)	q calefacción (W/m ²)	Longitud máxima (m)	Longitud real (m)
Vivienda	CC 1	C 1	Doble serpentín	20.0	13.67	66.9	120.0	72.6
		C 2	Doble serpentín	20.0	14.83	59.3		82.0
		C 3	Doble serpentín	20.0	2.51	70.3		19.5
		C 4	Doble serpentín	20.0	13.18	77.9		74.8
		C 5	Doble serpentín	20.0	11.80	49.0		72.6
	CC 2	C 1	Espiral	20.0	11.31	77.5	120.0	60.5
		C 2	Espiral	20.0	10.84	63.1		57.4
		C 3	Doble serpentín	10.0	5.35	160.9		61.2
		C 4	Doble serpentín	10.0	5.26	160.9		56.5
		C 5	Espiral	20.0	11.52	67.6		70.5
		C 6	Espiral	20.0	10.50	81.6		65.6
Abreviaturas utilizadas								
S	Superficie del recinto			q refrigeración	Densidad de flujo térmico para refrigeración			
q calefacción	Densidad de flujo térmico para calefacción							

1.2.1.4 Cálculo para impulsión de agua

Para calcular la temperatura de impulsión de cada uno de los circuitos se considera la densidad de flujo térmico de cada uno de ellos, a excepción de los cuartos de baño.

donde:

q = Densidad de flujo térmico

KH = Constante que depende de las siguientes variables:

Suelo (espesor del revestimiento y conductividad)

Losa de cemento (espesor y conductividad)

Tubería (diámetro exterior, incluido el revestimiento, espesor y conductividad)

DqH = Desviación media de la temperatura aire-agua, que depende de las siguientes variables:

Temperatura de impulsión

Temperatura de retorno

Temperatura del recinto

Para calcular la temperatura de impulsión a partir de la máxima densidad de flujo térmico, se tomarán los siguientes datos:

Calefacción: se fija un salto térmico del agua de 5°C.

Refrigeración: se fija un salto térmico del agua de 2°C. En el caso de refrigeración siempre existe la limitación del punto de rocío, siendo la temperatura de impulsión, incrementada en un grado por las pérdidas, no inferior a la de rocío.

En el Anexo Norma UNE-EN 1264 se describe detalladamente la formulación utilizada en este cálculo.

Para el resto de recintos se debe utilizar la misma formulación, siendo la temperatura de retorno de cada uno de los circuitos el valor calculado.

Se muestra a continuación un resumen de los resultados obtenidos:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	θ_v calefacción (°C)	θ_R calefacción (°C)	P_{inst} calefacción (W)	P_{req} calefacción (W)
Vivienda	CC 1	C 1	44.8	39.8	915.1	915.1
		C 2		35.5	879.7	892.9
		C 3		41.8	176.8	239.2
		C 4		29.8	1026.0	962.8
		C 5		30.4	577.9	573.3

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	θ_v calefacción (°C)	θ_R calefacción (°C)	P_{inst} calefacción (W)	P_{req} calefacción (W)
	CC 2	C 1	49.4	42.1	876.7	880.4
		C 2		34.4	684.2	659.9
		C 3		39.8	859.8	869.2
		C 4		39.8	845.7	854.8
		C 5		36.7	778.8	775.7
		C 6		44.4	856.6	856.6

Abreviaturas utilizadas			
θ_v calefacción	Temperatura de impulsión calefacción	θ_v refrigeración	Temperatura de impulsión refrigeración
θ_R calefacción	Temperatura de retorno calefacción	θ_R refrigeración	Temperatura de retorno refrigeración
P_{inst} calefacción	Potencia instalada de calefacción	P_{inst} refrigeración	Potencia instalada de refrigeración
P_{req} calefacción	Potencia requerida de calefacción	P_{req} refrigeración	Potencia requerida de refrigeración

1.2.1.5 Cálculo del caudal de agua de los circuitos

El caudal del circuito se calcula con la siguiente expresión:

donde:

A_F = Superficie cubierta por el circuito de suelo radiante

q = Densidad de flujo térmico

s = Salto de temperatura

c_w = Calor específico del agua

R_o = Resistencia térmica parcial ascendente del suelo

R_u = Resistencia térmica parcial descendente del suelo

q_u = Temperatura del recinto inferior

q_i = Temperatura del recinto

Los valores de las resistencias térmicas, tanto ascendente como descendente, se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda, B} + \frac{s_u}{\lambda_u}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0,093 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = R_{\lambda, 1} + R_{\lambda, 2} + R_{\lambda, 3} + R_{\alpha, 4}$$

$$R_{\alpha, 4} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

donde:

$R_{i, B}$ = Resistencia térmica del revestimiento del suelo

s_u = Espesor, por encima del tubo, de la capa de soporte de la carga y de difusión térmica

λ_u = Conductividad térmica de la capa de soporte de la carga y de difusión térmica

$R_{i, 1}$ = Resistencia térmica del aislante

$R_{i, 2}$ = Resistencia térmica del forjado

$R_{i, 3}$ = Resistencia térmica del falso techo

$R_{a, 4}$ = Resistencia térmica del techo

1.2.2 Dimensionado

1.2.2.1 Dimensionamiento del circuito hidráulico

El dimensionamiento de las tuberías se realiza tomando los siguientes parámetros:

Velocidad máxima = 2.0 m/s

Pérdida de presión máxima por unidad de longitud = 400.0 Pa/m

Se describe a continuación la instalación calculada:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Tipo	Circuito	\varnothing_N (mm)	Caudal calefacción (l/h)	ΔP calefacción (kPa)
Vivienda	CC 1	Tipo 1	C 1	16	207.16	23.3
			C 2	16	107.97	8.6
			C 3	16	66.54	0.9
			C 4	16	74.42	4.2
			C 5	16	46.22	1.8
	CC 2	Tipo 1	C 1	16	125.39	8.0
			C 2	16	48.86	1.5
			C 3	16	92.00	4.8
			C 4	16	90.48	4.3
			C 5	16	66.88	3.2
			C 6	16	183.82	16.7

Abreviaturas utilizadas			
\varnothing_N	<i>Diámetro nominal</i>	Caudal refrigeración	<i>Caudal del circuito refrigeración</i>
Caudal calefacción	<i>Caudal del circuito calefacción</i>	ΔP refrigeración	<i>Pérdida de presión del circuito refrigeración</i>
ΔP calefacción	<i>Pérdida de presión del circuito calefacción</i>		

Equipo	Descripción
Tipo 1	Colector modular plástico de 1" de diámetro, modelo Vario Plus PRO "UPONOR IBERIA", con caudalímetros, para tubería de 12 mm de diámetro

La bomba de circulación se calcula tomando la pérdida de presión del circuito más desfavorable y la suma de caudales de los circuitos.

1.2.2.2 Selección de la caldera o bomba de calor

La bomba de calor o la caldera se seleccionan en función de la carga máxima simultánea del conjunto de recintos.

Equipo	Conjunto de recintos	Armario de colectores	Potencia de calefacción instalada (W)
Tipo 1	Vivienda	CC 1	3575.5
		CC 2	4901.8

Equipo	Descripción
Tipo 1	Caldera mural a gas N, para calefacción y A.C.S. instantánea, cámara de combustión abierta y tiro natural, encendido electrónico y seguridad por ionización, sin llama piloto, equipamiento formado por: cuerpo de caldera, panel de control y mando, vaso de expansión con purgador automático, kit estándar de evacuación de humos y plantilla de montaje

1.3 ANEXO A: NORMA UNE-EN 1264

El flujo de calor procedente de las tuberías se calcula mediante la siguiente expresión:

La expresión anterior es válida para una separación máxima entre tuberías que cumpla $T < 0.375$ m.

La siguiente expresión es válida para una separación mínima entre tuberías que cumpla $T > 0.375$ m.

a_B : Factor de revestimiento del suelo



$$a = 10.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$l_{u,0} = 1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$S_{u,0} = 0.045 \text{ m}$$

$R_{l,B}$ = Resistencia térmica del revestimiento

l_E = Conductividad térmica del revestimiento

a_T : Factor de paso

$R_{\lambda,B} \text{ (m}^2\text{K/W)}$	0	0.05	0.10	0.15
a_T	1.23	1.188	1.156	1.134

a_U : Factor de recubrimiento

$R_{\lambda,B} \text{ (m}^2\text{K/W)}$	0	0.05	0.10	0.15
$T(m)$	a_U			
0.05	1.069	1.056	1.043	1.037
0.075	1.066	1.053	1.041	1.035
0.1	1.063	1.05	1.039	1.0335
0.15	1.057	1.046	1.035	1.0305
0.2	1.051	1.041	1.0315	1.0275
0.225	1.048	1.038	1.0295	1.026

$R_{\lambda,B}$ (m ² K/W)	0	0.05	0.10	0.15
0.3	1.0395	1.031	1.024	1.021
0.375	1.03	1.022	1.018	1.015

aD: Factor adimensional en función del diámetro exterior de la tubería

$R_{\lambda,B}$ (m ² K/W)	0	0.05	0.10	0.15
T(m)	a _D			
0.05	1.013	1.013	1.012	1.011
0.075	1.021	1.019	1.016	1.014
0.1	1.029	1.025	1.022	1.018
0.15	1.04	1.034	1.029	1.024
0.2	1.046	1.04	1.035	1.03
0.225	1.049	1.043	1.038	1.033
0.3	1.053	1.049	1.044	1.039
0.375	1.056	1.051	1.046	1.042

La expresión anterior es válida si se cumple la condición $0.050 \text{ m} \leq T \leq 0.375 \text{ m}$, donde T es la separación entre tuberías.

La expresión anterior es válida si se cumple la condición $S_u \geq 0.015 \text{ m}$, donde S_u es el espesor de la capa por encima de la tubería.

La expresión anterior es válida si se cumple la condición $0.010 \text{ m} \leq D \leq 0.030 \text{ m}$, donde D es el diámetro exterior de la tubería, incluido el revestimiento, si procede.

Tipo de superficie	B_0 (W/(m ² ·K))
Suelo radiante para calefacción	6.7
Suelo radiante para refrigeración	5.2

Cuando la tubería tiene las siguientes propiedades:

Conductividad térmica

Espesor de la capa

Si las tuberías no cumplen las condiciones anteriores, debe utilizarse la siguiente expresión:

donde:

λ_R = Conductividad de la capa de la tubería

$\lambda_{R,0} = 0.35 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

s_R = Espesor de pared de la tubería

$s_{R,0} = (d_a - d_i)/2 = 0.002 \text{ m}$

Donde:

t_R = Temperatura de retorno

t_V = Temperatura de impulsión

t_i = Temperatura del recinto

4.10. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)

1.	Memoria descriptiva	2
1.1.	Objetivos del proyecto	2
1.2.	Promotor de la instalación y/o titular	2
1.3.	Emplazamiento de la instalación	2
1.4.	Descripción de la instalación	2
1.5.	Legislación aplicable	3
1.6.	Potencia total prevista para la instalación	3
1.7.	Descripción de la instalación	4
1.7.1.	Caja general de protección	4
1.7.2.	Derivaciones individuales	5
1.7.3.	Instalaciones interiores o receptoras	5
1.7.4.	Agua caliente sanitaria y climatización	7
2.	Memoria justificativa	8
2.1.	Bases de cálculo	8
2.1.1.	Sección de las líneas	8
2.1.2.	Cálculo de las protecciones	12
2.1.3.	Cálculo de la puesta a tierra	16
2.2.	Resultados de cálculo	17
2.2.1.	Distribución de fases	17
2.2.2.	Cálculos	18
2.2.3.	Símbolos utilizados	23

1. Memoria descriptiva

1.1. Objetivos del proyecto

El objeto de este proyecto técnico es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación eléctrica, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51.

1.2. Promotor de la instalación y/o titular

Nombre o razón social: Hugo Amado Sueiro

CIF/NIF:

Dirección:

Población:

CP: Provincia:

Teléfono: Fax:

1.3. Emplazamiento de la instalación

El edificio 'Vivienda Unifamiliar' se encuentra situado en Palas de Rei, Provincia de Lugo.

1.4. Descripción de la instalación

El edificio 'Vivienda Unifamiliar' se compone de:

- Viviendas

La obra cuenta con una vivienda situada en la planta 'Planta baja'.

- Servicios generales

- Garajes

- Zonas exteriores

1.5. Legislación aplicable

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20460-5-523 2004: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30 kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobreintensidades.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- EN-IEC 60 947-2:1996: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- EN-IEC 60 947-2:1996 Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- EN-IEC 60 947-3:1999: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- EN-IEC 60 269-1: Fusibles de baja tensión.
- EN 60 898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades.

1.6. Potencia total prevista para la instalación

La potencia total prevista a considerar en el cálculo de los conductores de las instalaciones de enlace será:

Para viviendas:

La potencia total prevista en las viviendas se obtiene, de acuerdo a la ITC-BT-10, como producto de la potencia media aritmética por el coeficiente de simultaneidad obtenido de la tabla 1 de la citada ITC. La potencia media aritmética de las viviendas se obtiene como sigue:

Dadas las características de la obra y los niveles de electrificación elegidos por el Promotor, puede establecerse la potencia total instalada y demandada por la instalación:

Potencia total prevista por instalación: CPM-1		
Concepto	P Unitaria (kW)	Número
Viviendas de electrificación elevada	9.200	1

Para el cálculo de la potencia de los cuadros y subcuadros de distribución se tiene en cuenta la acumulación de potencia de los diferentes circuitos alimentados aguas abajo, aplicando una simultaneidad a cada circuito en función de la naturaleza de las cargas y multiplicando finalmente por un factor de acumulación que varía en función del número de circuitos.

Para los circuitos que alimentan varias tomas de uso general, dado que en condiciones normales no se utilizan todas las tomas del circuito, la simultaneidad aplicada para el cálculo de la potencia acumulada aguas arriba se realiza aplicando la fórmula:

Finalmente, y teniendo en consideración que los circuitos de alumbrado y motores se acumulan directamente (coeficiente de simultaneidad 1), el factor de acumulación para el resto de circuitos varía en función de su número, aplicando la tabla:

Número de circuitos	Factor de simultaneidad
2 - 3	0.9
4 - 5	0.8
6 - 9	0.7
>= 10	0.6

1.7. Descripción de la instalación

1.7.1. Caja general de protección

Las cajas generales de protección (CGP) alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación y marcan el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

Se instalará una caja general de protección para cada esquema, con su correspondiente línea general de alimentación.

La caja general de protección se situará en zonas de acceso público.

Cuando las puertas de las CGP sean metálicas, deberán ponerse a tierra mediante un conductor de cobre.

Cuando el suministro sea para un único usuario o para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar, conforme a la instrucción ITC-BT-12, al no existir línea general de alimentación, se simplifica la instalación colocando una caja de protección y medida (CPM).

1.7.2. Derivaciones individuales

Las derivaciones individuales enlazan cada contador con su correspondiente cuadro general de mando y protección.

Para suministros monofásicos estarán formadas por un conductor de fase, un conductor de neutro y uno de protección, y para suministros trifásicos por tres conductores de fase, uno de neutro y uno de protección.

Los conductores de protección estarán integrados en sus derivaciones individuales y conectados a los embarrados de los módulos de protección de cada una de las centralizaciones de contadores de los edificios. Desde éstos, a través de los puntos de puesta a tierra, quedarán conectados a la red registrable de tierra del edificio.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada derivación:

Derivaciones individuales				
Planta	Referencia	Longitud (m)	Línea	Tipo de instalación
0	(Cuadro de vivienda)	19.21	RZ1-K (AS) Multi 3G10	Tubo superficial D=50 mm

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se hará de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Los tubos y canales protectoras que se destinen a contener las derivaciones individuales deberán ser de una sección nominal tal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%, siendo el diámetro exterior mínimo de 32 mm.

Se ha previsto la colocación de tubos de reserva desde la concentración de contadores hasta las viviendas o locales, para las posibles ampliaciones.

1.7.3. Instalaciones interiores o receptoras

Viviendas

En la entrada de cada vivienda se instalará el cuadro general de mando y protección, que contará con los siguientes dispositivos de protección:

Interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.

Interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, o varios interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos de cada uno de los circuitos o grupos de circuitos en función del tipo o carácter de la instalación.

Interruptor automático de corte omnipolar, destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.

La composición del cuadro y los circuitos interiores será la siguiente:

Circuitos interiores de la instalación			
Referencia	Longitud (m)	Línea	Tipo de instalación
Sub-grupo 1	-		
C1 (iluminación)	429.84	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm
C2 (tomas)	90.32	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C3 (cocina/horno)	8.07	H07V-K 3G6	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=25 mm
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	34.05	H07V-K 3G4	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C5 (baño y auxiliar de cocina)	47.86	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
Sub-grupo 2	-		
C7 (tomas)	61.08	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm

Circuitos interiores de la instalación			
Referencia	Longitud (m)	Línea	Tipo de instalación
C12 (baño y auxiliar de cocina)	56.90	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C13 (ventilación híbrida)	39.55	H07V-K 3G1.5	Tubo superficial D=32 mm
C10 (secadora)	11.49	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C12(2) (baño y auxiliar de cocina)	20.62	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
Sub-grupo 3	-		
C7(2) (tomas)	77.27	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C7(3) (tomas)	86.66	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm

1.7.4. Agua caliente sanitaria y climatización

La instalación incluye equipos para producción de A.C.S. y climatización, siendo su descripción, ubicación y potencia eléctrica la descrita en la siguiente tabla:

Equipos para producción de A.C.S. y climatización		
Descripción	Planta	P _{calc} [W]
(Cuadro de vivienda)		
Caldera a gas para calefacción y ACS	0	90.0(monof.)

2. Memoria justificativa

2.1. Bases de cálculo

2.1.1. Sección de las líneas

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

- a) Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no debe superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y es de 70°C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

- b) Criterio de la caída de tensión.

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.

- c) Criterio para la intensidad de cortocircuito.

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y es de 160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamientos termoestables.

2.1.1.1. Sección por intensidad máxima admisible o calentamiento

En el cálculo de las instalaciones se ha comprobado que las intensidades de cálculo de las líneas son inferiores a las intensidades máximas admisibles de los conductores según la norma UNE 20460-5-523, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

Intensidad de cálculo en servicio monofásico:

Intensidad de cálculo en servicio trifásico:

siendo:

I_c : Intensidad de cálculo del circuito, en A

I_z : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

P_c : Potencia de cálculo, en W

U_r : Tensión simple, en V

U_l : Tensión compuesta, en V

$\cos \varphi$: Factor de potencia

2.1.1.2. Sección por caída de tensión

De acuerdo a las instrucciones ITC-BT-14, ITC-BT-15 y ITC-BT-19 del REBT se verifican las siguientes condiciones:

En las instalaciones de enlace, la caída de tensión no debe superar los siguientes valores:

a) En el caso de contadores concentrados en un único lugar:

- Línea general de alimentación: 0,5%

- Derivaciones individuales: 1,0%

b) En el caso de contadores concentrados en más de un lugar:

- Línea general de alimentación: 1,0%

- Derivaciones individuales: 0,5%

Para cualquier circuito interior de viviendas, la caída de tensión no debe superar el 3% de la tensión nominal.

Para el resto de circuitos interiores, la caída de tensión límite es de:

- Circuitos de alumbrado: 3,0%

- Resto de circuitos: 5,0%

Para receptores monofásicos la caída de tensión viene dada por:

Para receptores trifásicos la caída de tensión viene dada por:

siendo:

L: Longitud del cable, en m

X: Reactancia del cable, en W/km. Se considera despreciable hasta un valor de sección del cable de 120 mm². A partir de esta sección se considera un valor para la reactancia de 0,08 W/km.

R: Resistencia del cable, en W/m. Viene dada por:

siendo:

r: Resistividad del material en W·mm²/m

S: Sección en mm²

Se comprueba la caída de tensión a la temperatura prevista de servicio del conductor, siendo ésta de:

siendo:

T: Temperatura real estimada en el conductor, en °C

T₀: Temperatura ambiente para el conductor (40°C para cables al aire y 25°C para cables enterrados)

T_{max}: Temperatura máxima admisible del conductor según su tipo de aislamiento (90°C para conductores con aislamientos termoestables y 70°C para conductores con aislamientos termoplásticos, según la tabla 2 de la instrucción ITC-BT-07).

Con ello la resistividad a la temperatura prevista de servicio del conductor es de:

para el cobre

para el aluminio

2.1.1.3. Sección por intensidad de cortocircuito

Se calculan las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas, tanto en cabecera 'I_{ccc}' como en pie 'I_{ccp}', de cada una de las líneas que componen la instalación eléctrica, teniendo en cuenta que la máxima intensidad de cortocircuito se establece para un cortocircuito entre fases, y la mínima intensidad de cortocircuito para un cortocircuito fase-neutro.

Entre Fases:

Fase y Neutro:

siendo:

U_l : Tensión compuesta, en V

U_f : Tensión simple, en V

Z_t : Impedancia total en el punto de cortocircuito, en mW

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito, en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtiene a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red aguas arriba del punto de cortocircuito:

siendo:

R_t : Resistencia total en el punto de cortocircuito.

X_t : Reactancia total en el punto de cortocircuito.

La impedancia total en cabecera se ha calculado teniendo en cuenta la ubicación del transformador y de la acometida.

En el caso de partir de un transformador se calcula la resistencia y reactancia del transformador aplicando la formulación siguiente:

siendo:

$R_{cc,T}$: Resistencia de cortocircuito del transformador, en mW

$X_{cc,T}$: Reactancia de cortocircuito del transformador, en mW

$ER_{cc,T}$: Tensión resistiva de cortocircuito del transformador

$EX_{cc,T}$: Tensión reactiva de cortocircuito del transformador

S_n : Potencia aparente del transformador, en kVA

En el caso de introducir la intensidad de cortocircuito en cabecera, se estima la resistencia y reactancia de la acometida aguas arriba que genere la intensidad de cortocircuito indicada.

2.1.2.Cálculo de las protecciones

2.1.2.1. Fusibles

Los fusibles protegen a los conductores frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Se comprueba que la protección frente a sobrecargas cumple que:

siendo:

I_c : Intensidad que circula por el circuito, en A

I_n : Intensidad nominal del dispositivo de protección, en A

I_z : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

I_2 : Intensidad de funcionamiento de la protección, en A. En el caso de los fusibles de tipo gG se toma igual a 1,6 veces la intensidad nominal del fusible.

Frente a cortocircuito se verifica que los fusibles cumplen que:

- a) El poder de corte del fusible " I_{cu} " es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse.
- b) Cualquier intensidad de cortocircuito que puede presentarse se debe interrumpir en un tiempo inferior al que provocaría que el conductor alcanzase su temperatura límite (160°C para cables con aislamientos termoplásticos y 250°C para cables con aislamientos termoestables), comprobándose que:

siendo:

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito en la línea que protege el fusible, en A

I_f : Intensidad de fusión del fusible en 5 segundos, en A

$I_{cc,5s}$: Intensidad de cortocircuito en el cable durante el tiempo máximo de 5 segundos, en A. Se calcula mediante la expresión:

siendo:

S: Sección del conductor, en mm²

t: tiempo de duración del cortocircuito, en s

k: constante que depende del material y aislamiento del conductor

PVC XLPE

Cu 115 143

Al	76	94
----	----	----

La longitud máxima de cable protegida por un fusible frente a cortocircuito se calcula como sigue:

siendo:

R_f : Resistencia del conductor de fase, en W/km

R_n : Resistencia del conductor de neutro, en W/km

X_f : Reactancia del conductor de fase, en W/km

X_n : Reactancia del conductor de neutro, en W/km

2.1.2.2. Interruptores automáticos

Al igual que los fusibles, los interruptores automáticos protegen frente a sobrecargas y cortocircuito.

Se comprueba que la protección frente a sobrecargas cumple que:

siendo:

I_c : Intensidad que circula por el circuito, en A

I_2 : Intensidad de funcionamiento de la protección. En este caso, se toma igual a 1,45 veces la intensidad nominal del interruptor automático.

Frente a cortocircuito se verifica que los interruptores automáticos cumplen que:

- El poder de corte del interruptor automático ' I_{cu} ' es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse en cabecera del circuito.
- La intensidad de cortocircuito mínima en pie del circuito es superior a la intensidad de regulación del disparo electromagnético ' I_{mag} ' del interruptor automático según su tipo de curva.

	I_{mag}
Curva B	5 x I_n
Curva C	10 x I_n
Curva D	20 x I_n

- El tiempo de actuación del interruptor automático es inferior al que provocaría daños en el conductor por alcanzarse en el mismo la temperatura máxima admisible según su tipo de aislamiento. Para ello, se comparan los valores de energía específica pasante ($I^2 \cdot t$) durante la duración del cortocircuito, expresados en $A^2 \cdot s$, que permite pasar el interruptor, y la que admite el conductor.

d) Para esta última comprobación se calcula el tiempo máximo en el que debería actuar la protección en caso de producirse el cortocircuito, tanto para la intensidad de cortocircuito máxima en cabecera de línea como para la intensidad de cortocircuito mínima en pie de línea, según la expresión ya reflejada anteriormente:

e) Los interruptores automáticos cortan en un tiempo inferior a 0,1 s, según la norma UNE 60898, por lo que, si el tiempo anteriormente calculado estuviera por encima de dicho valor, el disparo del interruptor automático quedaría garantizado para cualquier intensidad de cortocircuito que se produjese a lo largo del cable. En caso contrario, se comprueba la curva i^2t del interruptor, de manera que el valor de la energía específica pasante del interruptor sea inferior a la energía específica pasante admisible por el cable.

2.1.2.3. Limitadores de sobretensión

Según ITC-BT-23, las instalaciones interiores se deben proteger contra sobretensiones transitorias siempre que la instalación no esté alimentada por una red de distribución subterránea en su totalidad, es decir, toda instalación que sea alimentada por algún tramo de línea de distribución aérea sin pantalla metálica unida a tierra en sus extremos deberá protegerse contra sobretensiones.

Los limitadores de sobretensión serán de clase C (tipo II) en los cuadros y, en el caso de que el edificio disponga de pararrayos, se añadirán limitadores de sobretensión de clase B (tipo I) en la centralización de contadores.

2.1.2.4. Protección contra sobretensiones permanentes

La protección contra sobretensiones permanentes requiere un sistema de protección distinto del empleado en las sobretensiones transitorias. En vez de derivar a tierra para evitar el exceso de tensión, se necesita desconectar la instalación de la red eléctrica para evitar que la sobretensión llegue a los equipos.

El uso de la protección contra este tipo de sobretensiones es indispensable en áreas donde se puedan producir cortes continuos en el suministro de electricidad o donde existan fluctuaciones del valor de tensión suministrada por la compañía eléctrica.

En áreas donde se puedan producir cortes continuos en el suministro de electricidad o donde existan fluctuaciones del valor de tensión suministrada por la compañía

eléctrica la instalación se protegerá contra sobretensiones permanentes, según se indica en el artículo 16.3 del REBT.

La protección consiste en una bobina asociada al interruptor automático que controla la tensión de la instalación y que, en caso de sobretensión permanente, provoca el disparo del interruptor asociado.

2.1.3.Cálculo de la puesta a tierra

2.1.3.1. Diseño del sistema de puesta a tierra

Red de toma de tierra para estructura de hormigón compuesta por 53 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección para la línea principal de toma de tierra del edificio, enterrado a una profundidad mínima de 80 cm y 8 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección para la línea de enlace de toma de tierra de los pilares a conectar.

2.1.3.2. Interruptores diferenciales

Los interruptores diferenciales protegen frente a contactos directos e indirectos y deben cumplir los dos requisitos siguientes:

- a) Debe actuar correctamente para el valor de la intensidad de defecto calculada, de manera que la sensibilidad 'S' asignada al diferencial cumpla:

siendo:

U_{seg} : Tensión de seguridad, en V. De acuerdo a la instrucción ITC-BT-18 del reglamento REBT la tensión de seguridad es de 24 V para los locales húmedos y viviendas y 50 V para el resto.

R_T : Resistencia de puesta a tierra, en ohm. Este valor debe ser inferior a 15 ohm para edificios con pararrayos y a 37 ohm en edificios sin pararrayos, de acuerdo con GUIA-BT-26.

- b) Debe desconectar en un tiempo compatible con el exigido por las curvas de seguridad.

Por otro lado, la sensibilidad del interruptor diferencial debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

2.2. Resultados de cálculo

2.2.1.Distribución de fases

La distribución de las fases se ha realizado de forma que la carga está lo más equilibrada posible.

CPM-1					
Planta	Esquema	P _{calc} [W]	Potencia Eléctrica [W]		
			R	S	T
0	CPM-1	-	9200.0	-	-
0	(Cuadro de vivienda)	9200.0	9200.0	-	-

(Cuadro de vivienda)					
Nº de circuito	Tipo de circuito	Recinto	Potencia Eléctrica [W]		
			R	S	T
C13 (ventilación híbrida)	C13 (ventilación híbrida)	-	1600.0	-	-
C1 (iluminación)	C1 (iluminación)	-	1588.2	-	-
C2 (tomas)	C2 (tomas)	-	2900.0	-	-
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	-	3450.0	-	-
C3 (cocina/horno)	C3 (cocina/horno)	-	5400.0	-	-
C10 (secadora)	C10 (secadora)	-	3450.0	-	-
C5 (baño y auxiliar de cocina)	C5 (baño y auxiliar de cocina)	-	1500.0	-	-
C12 (baño y auxiliar de cocina)	C12 (baño y auxiliar de cocina)	-	1500.0	-	-
C7 (tomas)	C7 (tomas)	-	2900.0	-	-
C12(2) (baño y auxiliar de cocina)	C12(2) (baño y auxiliar de cocina)	-	1100.0	-	-
C7(2) (tomas)	C7(2) (tomas)	-	2800.0	-	-
C7(3) (tomas)	C7(3) (tomas)	-	2200.0	-	-

2.2.2.Cálculos

Los resultados obtenidos se resumen en las siguientes tablas:

Derivaciones individuales

Datos de cálculo								
Planta	Esquema	P _{calc} (kW)	Longitud (m)	Línea	I _c (A)	I' _z (A)	c.d.t (%)	c.d.t _{ac} (%)
0	(Cuadro de vivienda)	9.20	19.21	RZ1-K (AS) Multi 3G10	40.00	54.00	1.42	1.42

Descripción de las instalaciones							
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I _z (A)	F _{Cagrup}	R _{inc} (%)	I' _z (A)	
(Cuadro de vivienda)	RZ1-K (AS) Multi 3G10	Tubo superficial D=50 mm	54.00	1.00	-	54.00	

Sobrecarga y cortocircuito											
Esquema	Línea	I _c (A)	Protecciones Fusible (A)	I ₂ (A)	I _z (A)	I _{cu} (kA)	I _{ccc} (kA)	I _{ccp} (kA)	t _{iccp} (s)	t _{ficcp} (s)	L _{max} (m)
(Cuadro de vivienda)	RZ1-K (AS) Multi 3G10	40.00	40	64.00	54.00	100	12.000	1.826	0.6 1	0.07	229.5 7

Instalación interior

Viviendas

En la entrada de cada vivienda se instalará el cuadro general de mando y protección, que contará con los siguientes dispositivos de protección:

Interruptor general automático de corte omipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.

Interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, o varios interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos de cada uno de los circuitos o grupos de circuitos en función del tipo o carácter de la instalación.

Interruptor automático de corte omipolar, destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.

La composición del cuadro y los circuitos interiores será la siguiente:

Datos de cálculo de (Cuadro de vivienda)							
Esquema	P _{calc} (kW)	Longitud (m)	Línea	I _c (A)	I' _z (A)	c.d.t (%)	c.d.t _{ac} (%)
(Cuadro de vivienda)							
Sub-grupo 1							
C1 (iluminación)	1.59	429.84	H07V-K 3G1.5	6.91	15.00	1.52	2.94
C2 (tomas)	3.45	90.32	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	2.00	3.41
C3 (cocina/horno)	5.40	8.07	H07V-K 3G6	24.71	36.00	0.56	1.97
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	3.45	34.05	H07V-K 3G4	15.79	27.00	0.80	2.21
C5 (baño y auxiliar de cocina)	3.45	47.86	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.26	2.67
Sub-grupo 2							
C7 (tomas)	3.45	61.08	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	0.85	2.26
C12 (baño y auxiliar de cocina)	3.45	56.90	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.28	2.69
C13 (ventilación híbrida)	1.60	39.55	H07V-K 3G1.5	6.96	15.00	1.26	2.67
C10 (secadora)	3.45	11.49	H07V-K 3G2.5	15.79	21.00	1.23	2.64
C12(2) (baño y auxiliar de cocina)	3.45	20.62	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.23	2.65
Sub-grupo 3							
C7(2) (tomas)	3.45	77.27	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.20	2.62
C7(3) (tomas)	3.45	86.66	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.48	2.89

Descripción de las instalaciones						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I _z (A)	F _{Cagrup}	R _{inc} (%)	I' _z (A)
C1 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared	15.00	1.00	-	15.00

Descripción de las instalaciones						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I_z (A)	F_{Cagrup}	R_{inc} (%)	I'_z (A)
		mampostería D=16 mm				
C2 (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00
C3 (cocina/horno)	H07V-K 3G6	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=25 mm	36.00	1.00	-	36.00
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	H07V-K 3G4	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	27.00	1.00	-	27.00
C5 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00
C7 (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00
C12 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00
C13 (ventilación híbrida)	H07V-K 3G1.5	Tubo superficial D=32 mm	15.00	1.00	-	15.00
C10 (secadora)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00
C12(2) (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en	21.00	1.00	-	21.00

Descripción de las instalaciones						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I_z (A)	$F_{C_{agrup}}$	R_{inc} (%)	I'_z (A)
		una pared de mampostería D=20 mm				
C7(2) (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00
C7(3) (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00

Sobrecarga y cortocircuito ' (cuadro de vivienda)'										
Esquema	Línea	I_c (A)	Protecciones ICP: In Guard: In Aut: In, curva Dif: In, sens, nº polos Telerruptor: In, nº polos	I_2 (A)	I_z (A)	I_{cu} (kA)	I_{ccc} (kA)	I_{ccp} (kA)	t_{icc} (s)	t_{iccp} (s)
(Cuadro de vivienda)			ICP: 40 IGA: 40							
Sub-grupo 1			Dif: 40, 30, 2 polos							
C1 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	6.91	Aut: {C',B',D'}	10	14.50	15.00	6	3.66	0.340	0.1526
C2 (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: {C',B',D'}	16	23.20	21.00	6	3.66	0.514	0.1531
C3 (cocina/horno)	H07V-K 3G6	24.71	Aut: {C',B',D'}	25	36.25	36.00	6	3.66	1.254	0.1530
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	H07V-K 3G4	15.79	Aut: {C',B',D'}	20	29.00	27.00	6	3.66	0.896	0.1526
C5 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: {C',B',D'}	16	23.20	21.00	6	3.66	0.700	0.1517

Sobrecarga y cortocircuito ' (cuadro de vivienda)'										
Esquema	Línea	I_c (A)	Protecciones ICP: In Guard: In Aut: In, curva Dif: In, sens, nº polos Telerruptor: In, nº polos	I_2 (A)	I_z (A)	I_{cu} (kA)	I_{ccc} (kA)	I_{ccp} (kA)	t_{icc} (s)	t_{icp} (s)
Sub-grupo 2			Dif: 40, 30, 2 polos							
C7 (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: {C',B',D'}	1623. 20	21.00	6	3.6 66	0.8 76	0.15	0.11
C12 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: {C',B',D'}	1623. 20	21.00	6	3.6 66	0.6 93	0.15	0.17
C13 (ventilación híbrida)	H07V-K 3G1.5	6.96	Aut: {C',B',D'}	1014. 50	15.00	6	3.6 66	0.3 99	0.15	0.19
C10 (secadora)	H07V-K 3G2.5	15.79	Aut: {C',B',D'}	1623. 20	21.00	6	3.6 66	0.7 13	0.15	0.16
C12(2) (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: {C',B',D'}	1623. 20	21.00	6	3.6 66	0.7 09	0.15	0.16
Sub-grupo 3			Dif: 40, 30, 2 polos							
C7(2) (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: {C',B',D'}	1623. 20	21.00	6	3.6 66	0.7 19	0.15	0.16
C7(3) (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: {C',B',D'}	1623. 20	21.00	6	3.6 66	0.6 32	0.15	0.21

Leyenda

c.d.t caída de tensión (%)

c.d.t_{ac} caída de tensión acumulada (%)

I_c intensidad de cálculo del circuito (A)

I_z intensidad máxima admisible del conductor en las condiciones de instalación (A)

F_{cagrup} factor de corrección por agrupamiento













R_{inc} porcentaje de reducción de la intensidad admisible por conductor en zona de riesgo de incendio o explosión (%)

Leyenda

I'_z	intensidad máxima admisible corregida del conductor en las condiciones de instalación (A)
I_2	intensidad de funcionamiento de la protección (A)
I_{cu}	poder de corte de la protección (kA)
I_{ccc}	intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (kA)
I_{ccp}	intensidad de cortocircuito al final de la línea (kA)
L_{max}	longitud máxima de la línea protegida por el fusible a cortocircuito (A)
P_{calc}	potencia de cálculo (kW)
t_{iccc}	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (s)
t_{iccp}	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al final de la línea (s)
t_{ficcp}	tiempo de fusión del fusible para la intensidad de cortocircuito (s)

2.2.3.Símbolos utilizados

A continuación, se muestran los símbolos utilizados en los planos del proyecto:

	Servicio monofásico		Lámpara fluorescente
	Salida para lámpara incandescente, vapor de mercurio o similar, empotrada en techo		Interruptor doble
	Conmutador		Pulsador estanco
	Zumbador		Conmutador doble
	Toma de uso general doble		Toma de lavavajillas
	Toma de lavadora		Toma de cocina

	Toma de secadora		Bomba de circulación
	Toma de extractor		Ducha
	Lavavajillas doméstico		Lavadora doméstica
	Toma de termo eléctrico		Bomba de circulación
	Toma de baño / auxiliar de cocina		Toma de uso general triple
	Caja de protección y medida (CPM)		Cuadro individual
	Interruptor		Toma de uso general
	Dispositivo de control centralizado para ventilación híbrida		Bañera de 1,40 m o más
	Aspirador para ventilación híbrida		

4.11. Habitabilidad

1. DECRETO 29/2010, del 4 de marzo. NORMAS DE HABITABILIDADE DE GALICIA.....	2
1.1. Condiciones de diseño, Calidad y Sostenibilidad	2
1.2. Dimensiones, Superficies y Alturas mínimas	3
1.2.1. Dotación mínima de instalaciones en el edificio	4

1. DECRETO 29/2010, del 4 de marzo. NORMAS DE HABITABILIDADE DE GALICIA

El presente proyecto cumple con la Normativa establecida en el Decreto 29/2010, de 4 de marzo, por el que se aprueban las Normas de Habitabilidad de Viviendas de Galicia, de aplicación en todas las viviendas de nueva construcción, así como las que sean objeto o resultado de obras de ampliación o rehabilitación en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Galicia (Art. 2), y que regula las condiciones de habitabilidad aplicables a las viviendas de nueva construcción así como los requisitos que deben cumplir las obras de rehabilitación o ampliación de edificaciones existentes, con el fin de que las viviendas objeto de dichas obras alcancen unas condiciones mínimas de habitabilidad (Art.1); las viviendas (A) y los edificios de viviendas (B).

En la columna de Proyecto se han justificado los parámetros más desfavorables de la vivienda.

1.1. Condiciones de diseño, Calidad y Sostenibilidad

- **Vivienda exterior:**

- Consideración de espacios exteriores a los que se les podrá abrir huecos de ventilación e iluminación.
- El salón, comedor, cocina y dormitorios tienen iluminación natural y están en relación con el exterior.

CUMPLE LO ESTABLECIDO

- **Luz natural:**

- Toda estancia tiene una iluminación mínima de 1/8 de la superficie útil de la estancia.
- La altura máxima del antepecho de las ventanas hasta la superficie del pavimento rematado será como máximo de 1,10 m.

	Norma	Proyecto
Altura máxima de antepecho	$\leq 1,10$ m	0,95 m

- **Condiciones espaciales:**

- Condiciones de acceso de las viviendas: La vivienda dispone de tres accesos directos a través de la parcela de su propiedad y uno directamente desde el exterior.
- Programa mínimo: La altura entre el pavimento y techo terminado será de 2,50 m. Se podrá reducir a 2,20 m en distribuidores, hall, baños, aseo, lavadero y tendedero.

	Norma	Proyecto
Altura libre	$\geq 2,50 \text{ m}$	$\geq 2,50 \text{ m}$

1.2. Dimensiones, Superficies y Alturas mínimas

El edificio se divide en estancias, servicios y espacios de comunicación.

• Estancias

Comprenden esta parte del edificio el salón, el comedor y los cuatro dormitorios. En las estancias con una superficie mayor a 12 m^2 se podrá inscribir un cuadrado de lado $2,60 \text{ m}$ de lado.

CUMPLE LO ESTABLECIDO

• Servicios

Comprenden esta parte del edificio la cocina, baños y el cuarto de instalaciones.

La cocina tiene un ancho mínimo entre paramentos de $4,59 \text{ m}$, siendo por Norma el mínimo exigible de $1,80 \text{ m}$ libre de obstáculos. Tiene iluminación y ventilación natural directa al exterior.

La Norma establece para los baños una superficie de $1,50 \text{ m}^2$ y una distancia entre paramentos de $1,20 \text{ m}$. La superficie del baños más pequeño es de $3,50 \text{ m}^2$, teniendo una distancia entre paramentos mínima de $1,49 \text{ m}$, por lo que cumple con la Norma.

Local	Exigencias		
		NORMA	PROYECTO
Cocina	Ancho mín. entre paramentos	$\geq 1,80 \text{ m}$	$4,59 \text{ m}$
	Iluminación natural exterior	Si	Si
	Ventilación natural exterior	Si	Si
Aseo	Superficie mínima	$\geq 1,50 \text{ m}^2$	$3,50 \text{ m}^2$
	Distancia entre paramentos	$\geq 1,20 \text{ m}$	$1,49 \text{ m}$

CUMPLE LO ESTABLECIDO

• Espacios de comunicación

El ancho mínimo entre paramentos en el distribuidor es de $1,20 \text{ m}$, siendo $1,00 \text{ m}$ el mínimo que fija la Norma.

El ancho libre de las puertas es de 0,82 como mínimo y tienen una altura de 2,03 m.

En el acceso al edificio se puede inscribir un cuadrado de 1,50 m de lado libre de obstáculos.

CUMPLE LO ESTABLECIDO

1.2.1.Dotación mínima de instalaciones en el edificio

- **Instalaciones**

En el diseño de las instalaciones se ha tenido en cuenta su compatibilidad con las exigencias básicas del CTE.

El edificio cuenta con:

- a) Instalación de saneamiento de agua fría.
- b) Instalación de agua caliente
- c) Instalación de evacuación de aguas
- d) Instalación de calefacción.
- e) Instalación de telecomunicaciones.
- f) Instalación eléctrica.
- Equipos y aparatos.

El edificio dispone de los siguientes aparatos:

- Cocina: espacio para la instalación del fregadero, lavavajillas, frigorífico, horno, cocina y sistemas de extracción y contaminantes de cocción.

El fregadero cuenta con suministro de agua fría y caliente y evacuación con cierre hidráulico frente a los olores.

El lavavajillas cuenta con una toma de agua fría y caliente además de toma de electricidad.

La cocina está revestida de un material impermeable.

- Cuarto de baño: todos disponen de ducha, lavabo e inodoro.

Los baños van revestidos de un material impermeable.